



**M** 2014

# **ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE TINTAS COM ALTA REFLETÂNCIA NA ENVOLVENTE EXTERIOR DOS EDIFÍCIOS**

**DANIELA AZEVEDO DE SOUSA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA

À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM  
ÁREA CIENTÍFICA

# **ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DE TINTAS COM ALTA REFLETÂNCIA NA ENVOLVENTE EXTERIOR DOS EDIFÍCIOS**

**DANIELA AZEVEDO DE SOUSA**

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES CIVIS**

---

Orientador: Professora Doutora Maria Helena Póvoas Corvacho

JULHO DE 2014

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2013/2014**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2013/2014 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2014*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Aos meus Pais

*“Tudo o que o Homem consegue ou deixa de conseguir é o resultado directo dos seus pensamentos.” — James Allen*



## **AGRADECIMENTOS**

À minha orientadora, Professora Maria Helena Póvoas Corvacho, pela sua disponibilidade e acompanhamento constante ao longo deste semestre, e pela ajuda em todas as fases deste trabalho.

Aos meus colegas e amigos de curso, que me acompanharam e apoiaram ao longo desta experiência.

À minha querida amiga Cristiana, por todo apoio incondicional, incentivo, amizade e companheirismo.

À Mia, pela companhia.

À minha irmã, por todo o seu apoio e sinceridade em todos os momentos.

Ao Hugo, o meu namorado, por toda a dedicação, paciência, compreensão, sinceridade, amizade, companheirismo, ajuda em todos os momentos e pelos ensinamentos que me transmite.

E por fim, o maior agradecimento de todos, aos meus amados pais, por fazerem de mim a pessoa que sou hoje, e possibilitarem que eu vivenciasse esta experiência. Pelo carinho, disponibilidade, ajuda e apoio incondicional, por estarem sempre do meu lado.



## **RESUMO**

O sector da construção é responsável por grandes impactes tanto a nível económico como ecológico, e atendendo ao facto do mundo estar a atravessar um período de crise económica e de, mais do que nunca, se tentar inculcar na sociedade ideais de responsabilidade ambiental, é essencial proceder à utilização de materiais ecoeficientes neste sector.

Estima-se que os edifícios são responsáveis por grande parte do consumo energético final, isto falando em termos de consumo energético à escala global. A causa deste fenómeno reside na existência de muitos edifícios com elevadas necessidades energéticas, principalmente no que respeita à procura pelo conforto térmico ideal para os seus utilizadores não só durante as estações frias, mas também durante as estações quentes. Com vista a reduzir o consumo desproporcionado de energia surge o conceito de construção sustentável, que defende a qualidade como principal critério na escolha dos materiais a utilizar numa construção. Uma das soluções presentes no mercado que podem contribuir para uma construção sustentável são as tintas com elevada refletância. As marcas que comercializam este tipo de tintas defendem que a sua aplicação na envolvente exterior de um edifício contribui para um aumento do seu conforto térmico durante a estação de arrefecimento (mantendo os edifícios mais frescos), resultando numa diminuição da necessidade de recorrer a sistemas de climatização artificial.

Este trabalho teve como principal objetivo o estudo das vantagens da utilização de tintas com alta refletância na envolvente exterior de um edifício. Inicialmente, efetuou-se uma recolha de informação importante sobre este tipo de tintas, procurando perceber como elas funcionam, quais as suas aplicações e respetivas vantagens, qual o impacto da sua utilização sob o ponto de vista económico e ambiental. Posteriormente, procedeu-se à realização de uma análise do desempenho da aplicação de uma tinta com alta refletância na envolvente exterior de um edifício recorrendo a um programa de simulação térmica. A simulação da aplicação de uma tinta com alta refletância disponível no mercado num edifício fictício permitiu obter valores concretos da influência das tintas na temperatura dos edifícios e assim retirar conclusões relevantes.

Este trabalho contribui para um conhecimento mais aprofundado das tintas com características de alta refletância como uma solução a implementar nos sistemas construtivos.

**PALAVRAS-CHAVE:** sustentabilidade, conforto térmico, tintas, refletância solar, simulação.





## **ABSTRACT**

The construction sector is responsible for major impacts both economic and ecological, and given that the world is experiencing a period of economic crisis and, more than ever, attempting to instil the ideals of environmental responsibility in society, it is essential to proceed to the use of ecofriendly materials in this sector.

It is estimated that buildings are responsible for much of the final energy consumption, ie speaking in terms of energy consumption on a global scale. The cause of this phenomenon is the existence of many buildings with high energy needs, especially with regard to the search for optimal thermal comfort for its users, not only during the cold seasons, but also during the warm seasons. In order to reduce the disproportionate consumption of energy arise the concept of sustainable construction that defends the quality as the main criterion in the choice of materials to use in construction. One of the solutions on the market that can contribute to sustainable construction are the reflective paints. The brands that sell this type of paints claim that its application in the external envelope of a building contributes to an increase in its thermal comfort during the cooling season (keeping the buildings cooler), resulting in a decrease of the need for the use of artificial air-conditional systems.

This work aimed to study the advantages of using reflective paints in the external envelope of a building. Initially, it was carried the collection of important information about this type of paint, trying to understand how it work, what its respective advantages and applications, the impact of its use under economically and environmentally.

Subsequently, proceeded to conduct an analysis of the performance of the application of reflective paint in the outer envelope of a building using a thermal simulation program. The simulation of the application of a reflective paint available in the market on a fictitious building allowed to obtain concrete values of the influence of paint on temperature of buildings and therefore draw relevant conclusions.

This work contributes to a better understanding of the characteristics of paints with high reflectance as a solution to implement in construction systems.

**KEYWORDS:** sustainability, thermal comfort, paints, solar reflectance, simulation.



## ÍNDICE GERAL

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	i
<b>RESUMO</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1. ENQUADRAMENTO .....	1
1.2. OBJETIVOS E MOTIVAÇÕES .....	2
1.3. ESTRUTURA DA TESE .....	2
<b>2. ESTADO DA ARTE</b> .....	3
2.1. IMPORTÂNCIA DA RADIAÇÃO SOLAR NOS EDIFÍCIOS .....	3
2.2. TINTAS COM ALTA REFLETÂNCIA NA CONSTRUÇÃO .....	4
2.2.1. ORIGEM DAS TINTAS .....	4
2.2.2. TINTAS COM ALTA REFLETÂNCIA .....	4
2.3. SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO .....	7
2.3.1. ANÁLISE DO CICLO DE VIDA .....	7
2.3.2. ROTULAGEM AMBIENTAL .....	9
2.3.3. COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS .....	9
<b>3. ANÁLISE DE DESEMPENHO DA APLICAÇÃO DE UMA TINTA COM ALTA RELETÂNCIA NA ENVOLVENTE EXTERIOR DE UM EDIFÍCIO</b> .....	11
3.1. INTRODUÇÃO .....	11
3.2. TINTA COM ALTA REFLETÂNCIA SELECIONADA .....	11
3.3. PROGRAMA DE SIMULAÇÃO TÉRMICA DESIGNBUILDER .....	12
3.4. SIMULAÇÃO DE UM EDIFÍCIO FICTÍCIO .....	12
3.4.1. PARÂMETROS DA SIMULAÇÃO .....	12
3.4.2. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO .....	21
3.5. ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	34
3.5.1. COMPARAÇÃO DOS CENÁRIOS 1 E 2 .....	34
3.5.2. COMPARAÇÃO DOS CENÁRIOS 3 E 4 .....	36

3.5.3. COMPARAÇÃO DOS CENÁRIOS 2 E 5 .....	39
--	----

## **4. CONCLUSÕES .....**

43

4.1. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	43
--	----

4.2. PROPOSTAS DE DESENVOLVIMENTO FUTURO.....	44
---	----

BIBLIOGRAFIA.....	45
-------------------	----

## **ANEXOS .....**

49

A1. LIMITES DE TEOR DE VOC NA DIRETIVA 2004/42/CE.....	51
--	----

A2. RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES .....	55
-------------------------------------	----

A3. CERTIFICADO DE CONFIANÇA .....	87
------------------------------------	----

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Espectro solar [7] .....	3
Figura 2.2 – Como funciona um <i>cool roof</i> [13] .....	5
Figura 2.3 – Etiqueta de produto CRRC [13] .....	6
Figura 2.4 – Rótulo Ecológico Europeu [17] .....	9
Figura 3.1 – Escolho do modelo do tipo de edifício utilizado .....	13
Figura 3.2 – Visualização do edifício fictício .....	13
Figura 3.3 – Separador <i>Activity</i> do DesignBuilder com as características consideradas no edifício ....	14
Figura 3.4 – Separador HVAC do DesignBuilder com as características consideradas no edifício.....	15
Figura 3.5 – Separador <i>Construction</i> do DesignBuilder com as características consideradas no cenário 1 .....	16
Figura 3.6 – Imagem do DesignBuilder correspondente ao corte construtivo das paredes exteriores do cenário 1 .....	17
Figura 3.7 – Propriedades superficiais da camada exterior das paredes exteriores do cenário 1 (com aplicação da tinta X) .....	17
Figura 3.8 – Propriedades superficiais da camada exterior das paredes exteriores do cenário 2 (sem aplicação da tinta com alta refletância) .....	18
Figura 3.9 – Imagem do DesignBuilder correspondente ao corte construtivo da parede exterior do edifício no cenário 3 .....	18
Figura 3.10 – Separador <i>Construction</i> do DesignBuilder com as características consideradas no cenário 5.....	19
Figura 3.11 – Imagem do DesignBuilder correspondente ao corte construtivo da cobertura do edifício .....	20
Figura 3.12 – Propriedades superficiais da camada exterior da cobertura do edifício no cenário 5 (aplicação da tinta com alta refletância).....	20
Figura 3.13 – Propriedades superficiais da camada exterior da cobertura do edifício nos cenários 1, 2, 3 e 4 (sem aplicação da tinta com alta refletância) .....	20
Figura 3.14 – Resultados da simulação do cenário 1 .....	21
Figura 3.15 – Resultados da simulação do cenário 2 .....	22
Figura 3.16 – Resultados da simulação do cenário 3 .....	22
Figura 3.17 – Resultados da simulação do cenário 4 .....	23
Figura 3.18 – Resultados da simulação do cenário 5 .....	23
Figura 3.19 – Gráfico da temperatura radiante obtida no edifício nos cenários 1 e 2 .....	34
Figura 3.20 – Gráfico da temperatura do ar obtida no edifício nos cenários 1 e 2 .....	34
Figura 3.21 – Gráfico da temperatura operativa obtida no edifício nos cenários 1 e 2 .....	35

Figura 3.22 – Gráfico das diferenças de temperatura obtidas no edifício entre os cenários 1 e 2 .....	35
Figura 3.23 – Gráfico da temperatura da temperatura superficial exterior de uma parede do edifício obtida nos cenários 1 e 2 .....	36
Figura 3.24 – Gráfico da temperatura radiante obtida no edifício nos cenários 3 e 4 .....	36
Figura 3.25 – Gráfico da temperatura do ar obtida no edifício nos cenários 3 e 4 .....	37
Figura 3.26 – Gráfico da temperatura operativa obtida no edifício nos cenários 3 e 4 .....	37
Figura 3.27 – Gráfico das diferenças de temperatura obtidas no edifício entre os cenários 3 e 4 .....	38
Figura 3.28 – Gráfico da temperatura da temperatura superficial exterior de uma parede do edifício obtida nos cenários 3 e 4 .....	38
Figura 3.29 – Gráfico da temperatura radiante obtida no edifício nos cenários 2 e 5 .....	39
Figura 3.30 – Gráfico da temperatura do ar obtida no edifício nos cenários 2 e 5 .....	39
Figura 3.31 – Gráfico da temperatura operativa obtida no edifício nos cenários 2 e 5 .....	40
Figura 3.32 – Gráfico das diferenças de temperatura obtidas no edifício entre os cenários 1 e 2 .....	40

## **ÍNDICE DE TABELAS**

Tabela 2.1 – Indicadores para avaliação do desempenho ambiental (prEN 15978:2011) [15].....	8
Tabela 3.1 – Valores das temperaturas obtidas no cenário 1 .....	25
Tabela 3.2 – Valores das temperaturas obtidas no cenário 2 .....	26
Tabela 3.3 – Valores das temperaturas obtidas no cenário 3 .....	27
Tabela 3.4 – Valores das temperaturas obtidas no cenário 4 .....	28
Tabela 3.5 – Valores das temperaturas obtidas no cenário 5 .....	29
Tabela 3.6 – Valores das temperaturas superficiais referentes a uma parede exterior do edifício no cenário 1 .....	30
Tabela 3.7 – Valores das temperaturas superficiais referentes a uma parede exterior do edifício no cenário 2.....	31
Tabela 3.8 – Valores das temperaturas superficiais referentes a uma parede exterior do edifício no cenário 3.....	32
Tabela 3.9 – Valores das temperaturas superficiais referentes a uma parede exterior do edifício no cenário 4.....	33





## **SÍMBOLOS E ACRÓNIMOS**

CO<sub>2</sub> – Dióxido de carbono

VOC – Volatile organic compound

COV - Compostos orgânicos voláteis

SRI – Índice de refletância solar

ASTM – American Society for Testing and Materials

CRRC – Cool Roof Rating Council

ICC – International Code Council

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

EUA – Estados Unidos da América

EPA – Environmental Protection Agency

IECC – International Energy Conservation Code

ACV – Análise do Ciclo de Vida

LCA – Life Cycle Assessment

LCI – Inventário do ciclo de vida

GWP – Potencial de aquecimento global

AP – Potencial de acidificação

EP – Potencial de eutrofização

POCP – Potencial de formação de ozono atmosférico

EDP – Declaração Ambiental de Produto

EU – União Europeia

DOE – Department of Energy

XPS – Poliestireno Extrudido







# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1. ENQUADRAMENTO

A ecoeficiência traduz-se no *“desenvolvimento de produtos e serviços, com preços competitivos que satisfazem as necessidades da espécie humana com qualidade de vida enquanto progressivamente reduzem o seu impacto ecológico e o consumo de matérias-primas ao longo do seu ciclo de vida, ate um nível compatível com a capacidade do Planeta”*. Este conceito foi apresentado pela primeira vez em 1991 pelo World Business Council for Sustainable Development [1] e é, hoje mais do que nunca foco da atenção de todos.

O país e o mundo têm vindo a atravessar uma crise tanto a nível económico como ecológico, e uma das formas de contornar esta situação é a procura pela ecoeficiência. O aumento da eficiência no uso de recursos significa um menor consumo de recursos e uma menor produção de desperdícios respondendo às mesmas necessidades. Nas últimas décadas tem sido notório um aumento da eficiência energética, no entanto este aumento não está a compensar o crescimento do consumo. Já não basta aumentar a eficiência no uso da energia, é necessário reduzir efetivamente o seu consumo. [2]

Estima-se que os edifícios são responsáveis por 40% do consumo energético final na União Europeia e 25% em Portugal. Estes valores devem-se, em grande parte, à existência de muitos edifícios com elevadas necessidades energéticas para que os utilizadores consigam alcançar o conforto térmico ideal nas estações fria (20°C) e quente (25°C). [2] Segundo a matriz energética da área metropolitana do Porto a norte do Douro, no setor residencial, ao nível da energia final, destacam-se dois usos como os mais significativos: a produção de águas quentes sanitárias e o aquecimento do ambiente, representando cada um 22% do total. [3]

Neste contexto, no sentido de reduzir os consumos de energia, surge o conceito de construção sustentável. A ideia é conceber um edifício autossuficiente do ponto de vista energético, onde não há necessidade de recorrer a formas de climatização artificial. [2] Assim, a preocupação com a escolha do sistema de climatização de um edifício deve começar na construção, pois quanto melhor for a qualidade dos elementos construtivos, menor será a necessidade de recorrer a sistemas de climatização artificial. [4] Uma das soluções presentes no mercado que podem contribuir para uma construção sustentável são as tintas com elevada refletância. As marcas que comercializam este tipo de tintas afirmam que quando estas são aplicadas no exterior de um edifício podem melhorar o seu conforto térmico durante a estação de arrefecimento na medida em que mantêm os edifícios mais frescos, resultando numa diminuição das necessidades energéticas para arrefecimento dos edifícios.

## **1.2. OBJETIVOS E MOTIVAÇÕES**

O presente documento tem como foco principal as tintas com alta refletância para aplicação na envolvente exterior de edifícios e as vantagens da sua utilização.

As marcas que comercializam tintas fazem muita publicidade a este tipo de produtos apresentando inúmeras vantagens a nível do conforto, da economia e do meio ambiente, com números muito apelativos relativos às três áreas. Contudo, é de conhecimento geral, que na maioria das vezes (ou sempre) os valores apresentados nas campanhas publicitárias de um produto ou serviço, referem-se aos melhores resultados obtidos nas condições mais favoráveis, de modo a atrair mais o público-alvo. Por esta razão, é sempre aconselhável que, antes de se formar uma opinião sobre determinado produto, se proceda à verificação das suas vantagens com outras fontes.

As tintas com alta refletância destinam-se a ser aplicadas na envolvente exterior de um edifício, no entanto, as marcas de tintas destacam mais a sua aplicação nas coberturas, subvalorizando a sua aplicação nas paredes exteriores de um edifício.

Este trabalho tem como objetivo recolher informação sobre as tintas com alta refletância, nomeadamente, as suas aplicações e vantagens, tanto do ponto de vista da economia e do conforto dos edifícios, como também, do ponto de vista ambiental, que é um tema cada vez mais falado.

Pretende-se também, conhecer a influência que a aplicação de tintas com alta refletância em paredes exteriores exerce sobre a temperatura interior de um edifício, recorrendo a um programa de simulação térmica.

## **1.3. ESTRUTURA DA TESE**

Esta dissertação encontra-se estruturada em quatro capítulos principais:

O presente capítulo corresponde à introdução da tese, incluindo o enquadramento do tema na atualidade, as motivações que levaram à sua realização e os objetivos que se pretende atingir, e ainda, a exposição da forma como a tese está organizada.

O segundo capítulo apresenta a informação mais importante encontrada sobre as tintas com alta refletância. Ou seja, aborda a importância da radiação solar no conforto térmico dos edifícios; noções gerais sobre as tintas; vantagens e características mais importantes das tintas com alta refletância; organizações e normas relacionadas com o tema; influência das tintas com alta refletância sob o ponto de vista da sustentabilidade ambiental.

No terceiro capítulo é feita uma análise do desempenho da aplicação de uma tinta com alta refletância na envolvente de um edifício, recorrendo a um programa de simulação térmica. Apresenta-se a tinta com alta refletância escolhida para analisar, os parâmetros utilizados para realizar a simulação, os resultados obtidos e a respetiva análise.

No quarto capítulo são expostas todas as conclusões retiradas da realização deste trabalho e apresentadas propostas de trabalhos relacionados que possam vir a ser interessantes para desenvolver no futuro.

## 2

## ESTADO DA ARTE

## 2.1. IMPORTÂNCIA DA RADIAÇÃO SOLAR NOS EDIFÍCIOS

A radiação solar tem um papel determinante no conforto térmico de qualquer edifício. Enquanto no Inverno constitui uma fonte de calor importante no aumento da temperatura interior, no Verão constitui uma fonte de calor a evitar, pois nesta estação pretende-se evitar o aumento da temperatura no interior dos edifícios. [5] Focando a atenção na estação de arrefecimento, verifica-se que é importante encontrar soluções que permita reduzir estes ganhos solares, com vista a diminuição das necessidades de energia para climatização.

O sol liberta grandes quantidades de energia radiante, que atinge a superfície do planeta Terra sob três formas principais (figura 2.1), 42% sob a forma de radiações dentro do espectro visível (luz), 55% sob a forma de raios infravermelhos (dotados de grande poder calorífico) e 3% sob a forma de raios ultravioletas (radiações altamente energéticas). [6] A radiação solar quando incide numa superfície pode ser parcialmente absorvida, refletida ou transmitida. No caso de um elemento opaco, a parcela de radiação transmitida considera-se desprezável.

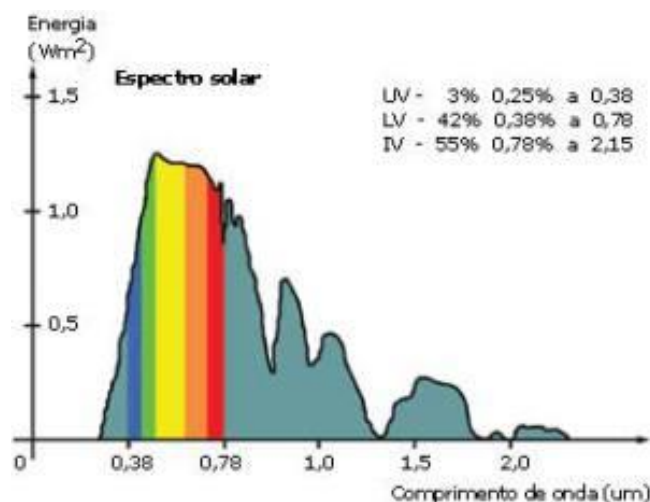


Figura 2.1 – Espectro solar. [7]

A radiação solar tem maior intensidade no intervalo correspondente à luz visível, no entanto mais de metade da energia é emitida no intervalo de luz não visível. A refletância solar corresponde à fração da



totalidade da energia solar incidente que é refletida por uma superfície, portanto aumentando a refletância solar dos revestimentos de um edifício, é possível reduzir os seus ganhos solares. [8]

Os revestimentos de cor branca garantem um elevado nível de reflexão solar nos comprimentos de onda correspondentes à luz visível, no entanto não garantem uma boa reflexão na zona dos infravermelhos, que é responsável por 53% da energia recebida na superfície terrestre. Deste modo é necessário que os revestimentos apresentem uma baixa absorptância na zona dos infravermelhos próximos. [8] Além disto, por motivos estéticos os revestimentos exteriores dos edifícios não apresentam sempre cor branca.

## 2.2. TINTAS COM ALTA REFLETÂNCIA NA CONSTRUÇÃO

### 2.2.1. ORIGEM DAS TINTAS

As tintas têm como origem os pigmentos, que lhes conferem cor, e um veículo fluido, no qual a cor esta contida. Os pigmentos são uma suspensão de partículas opacas solidas que têm como função cobrir e colorir, e o veículo tem a função de aglutinar as partículas para formar uma película de proteção. O veículo da tinta é formado por uma parte volátil e outra não volátil, que ao secar constitui a película protetora. [9]

Com a exceção da água, todos os solventes usados nas tintas são considerados compostos orgânicos voláteis (COVs ou VOCs, volatile organic compounds), e a sua função é suavizar a viscosidade para facilitar a aplicação e manter a secagem homogênea.

Na construção civil, os principais requisitos para um revestimento por pintura são: proteção duradoura do substrato, fácil aplicação, fraca toxicidade, secagem rápida, boa resistência à lavagem e aspeto decorativo agradável à vista.

### 2.2.2. TINTAS COM ALTA REFLETÂNCIA

Hoje em dia estão disponíveis no mercado tintas com elevada refletância que se distinguem pela sua capacidade de rejeitar calor. Este produto destina-se a ser aplicado no exterior dos edifícios (paredes exteriores e cobertura) e permitem diminuir os ganhos solares através dos elementos opacos, impedindo que a temperatura no interior dos edifícios aumente. Esta solução apresenta vantagens no que respeita a estação de arrefecimento, pois diminui a necessidade de recorrer a sistemas de climatização artificial.

A capacidade destas tintas rejeitarem o calor deve-se à incorporação de pigmentos especiais, normalmente designados por *cool pigments*, na composição das mesmas. Estes pigmentos possuem uma elevada refletividade ao espectro infravermelho da radiação solar, e deste modo conferem às tintas características como um elevado índice de refletância solar (SRI), elevada refletância solar e elevada emitância de infravermelhos. [10] [11] [12]

A refletância solar corresponde à fração da energia solar incidente que é refletida pela superfície em questão. Segundo o Lawrence Berkeley National Laboratory, a melhor técnica para determinar este valor utiliza medições espectrofotométricas, com uma esfera de integração para determinar a refletância em cada comprimento de onda diferente. A refletância média é determinada por um processo de cálculo da média, usando um espectro solar padrão. Este método é documentado pela ASTM (American Society for Testing and Materials), conforme as Normas E903 e E892. A refletância visível corresponde à zona visível do espectro solar, e, normalmente, está correlacionada com a reflexão solar, mas os seus valores não são iguais. [10]

A emitância de infravermelhos é um parâmetro com valor compreendido entre 0 e 1, que mede a capacidade de determinado material de emitir algum do seu calor sob a forma de radiação infravermelha. A faixa de comprimento de onda para a energia radiante é de aproximadamente 5 a 40 micrômetros. A maioria dos materiais de construção são opacos nesta parte do espectro, apresentando uma emitância de cerca de 0,9. [10]

O índice de refletância solar (SRI) mede a capacidade de uma superfície rejeitar o calor solar, tendo em consideração a refletância solar, a emitância de infravermelhos e qualquer aumento de temperatura subsequente. O SRI pode ser calculado usando a norma ASTM E 1980. O valor de SRI é definido considerando que um preto padrão (refletância 0,05 e emitância 0,9) é 0 e um branco padrão (refletância 0,8 e emitância 0,9) é 100. [10]

Este tipo de tinta com alta refletância é maioritariamente utilizado em coberturas, e corresponde a umas das soluções disponíveis no mercado para alcançar um *cool roof*.

A Cool Roof Rating Council (CRRC) é uma organização educacional sem fins lucrativos criada em 1998, que se destina a desenvolver métodos precisos e confiáveis para avaliar e rotular produtos de coberturas e de divulgação de informação a todos os interessados. Um *cool roof* (“cobertura fresca”) é uma cobertura que reflete e emite o calor do sol de volta para o céu em vez de transferi-lo para o edifício abaixo (figura 2.2). A “*coolness*” é medida através de duas propriedades, a refletância solar e a emitância térmica, quanto mais alto é o valor destas propriedades, mais “*cool*” é a cobertura. Apesar de ambas as propriedades serem importantes, a refletância solar tem um maior efeito na eficiência da tinta. [13]

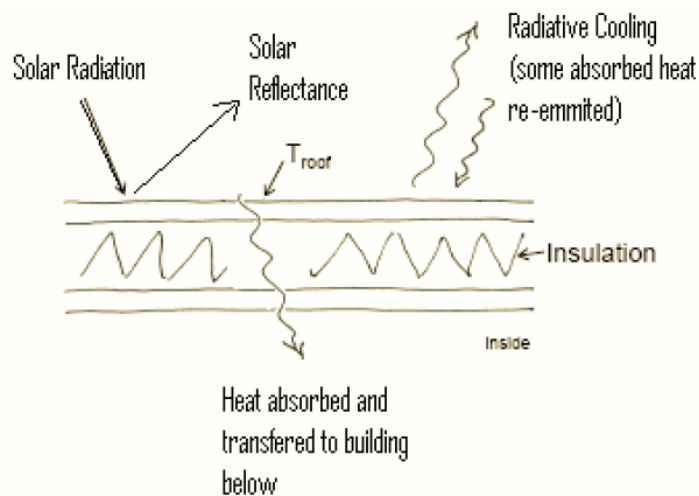


Figura 2.2 – Como funciona um *cool roof*. [13]

Esta organização possui um programa de classificação de produtos credível e imparcial de medição e publicação dos valores das propriedades radiativas das superfícies das coberturas. Deste modo, a CRRC publica os valores de refletância solar, emitância térmica e índice de refletância solar no seu diretório e nas etiquetas de produto CRRC (figura 2.3). Os valores das propriedades publicados são medidos por laboratórios independentes acreditados pela CRRC e não pelos fabricantes do produto em questão. A CRRC não define o que é “*cool*”, não apresenta requisitos mínimos e não certifica ou aprova produtos, apenas publica os valores das propriedades. [13]


		
	<b>Solar Reflectance</b>	<b>Initial 0.00 Weathered Pending</b>
	<b>Thermal Emittance</b>	<b>0.00 Pending</b>
	Rated Product ID Number	----
	Licensed Seller ID Number	----
	Classification	Production Line
<small>Cool Roof Rating Council ratings are determined for a fixed set of conditions, and may not be appropriate for determining seasonal energy performance. The actual effect of solar reflectance and thermal emittance on building performance may vary.</small>		
<small>Manufacturer of product stipulates that these ratings were determined in accordance with the applicable Cool Roof Rating Council procedures.</small>		

Figura 2.3 – Etiqueta de produto CRRC. [13]

O papel de definir se um produto é ou não “cool” fica a cargo de organizações, como a International Code Council (ICC) e a American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), que desenvolvem os National Model Energy Codes. Estes documentos apresentam os requisitos mínimos (estabelecidos por cada organização) que os produtos devem possuir para serem considerados “cool”. No entanto estes modelos não são obrigatórios ou aplicáveis até uma jurisdição adota-los como parte da sua regulamentação. Nos EUA, muitos estados adotaram os modelos destas organizações enquanto que outros, como a Califórnia e a cidade de Chicago, desenvolveram os seus próprios modelos. [13]

O programa Energy Star Reflective Roof da Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA, Environmental Protection Agency) é complementar do programa CRRC de classificação de produto. O Energy Star é um programa de etiquetagem voluntário, criado em conjunto pela EPA e pelo Departamento de Energia dos EUA, destinado a identificar e promover produtos energeticamente eficientes na redução das emissões de gases do efeito de estufa. Os fabricantes podem etiquetar os seus produtos com o Energy Star, desde que cumpram os seus requisitos mínimos. O programa Energy Star só considera os valores de refletância solar, e aceita tanto as classificações dos próprios fabricantes como as do CRRC. No que respeita a produtos para coberturas de baixa inclinação (2:12 ou menos), os requisitos do Energy Star são, refletância inicial mínima de 0,65, e ao fim de três anos refletância mínima de 0,50. Para coberturas de grande inclinação (maior que 2:12), refletância inicial mínima de 0,25 e, ao fim de três anos, refletância superior a 0,15.

O International Energy Conservation Code (IECC) é um documento produzido pela ICC que contém as disposições mínimas de eficiência energética para edifícios residenciais e comerciais, oferecendo ambas as abordagens normativas e de base de desempenho. As versões do IECC de 2003, 2006 e 2009 têm como referência a ASHRAE 90.1, incluindo a sua medida de cool roof. [13]

A norma ASHRAE 90.1 Energy Standard para edifícios, exceto para edifícios residenciais baixos, define que um *cool roof* tem de ter uma refletância mínima de 0,70, uma emitância mínima de 0,75, ou um SRI mínimo de 82. Esta norma também exige que os valores destas propriedades sejam determinados por laboratórios acreditados por organizações reconhecidas a nível nacional, como é o caso da CRRC. A ASHRAE 90.2 Energy Standard para edifícios residenciais baixos define para um *cool roof* os valores mínimos de 0,65 para a refletância solar e 0,65 para emitância, ou 75 para SRI. [13]

Para o California’s Title 24 Energy Standards um produto para um *cool roof* tem de ser classificado pelo CRRC, estar devidamente etiquetado, ter refletância e emitância mínimas de 0,70 e 0,75, respetivamente, ou seguir uma fórmula se a emitância for inferior. Este documento aplica-se a coberturas com inclinação baixa (2:12 ou menor) e construções novas.

O Chicago Energy Conservation Code alude à necessidade de *cool roofs* como forma de reduzir o efeito de ilha de calor urbano. O código exige que os edifícios novos residenciais e comerciais com coberturas pouco inclinadas tenham um valor mínimo de refletância inicial de 0,72 ou um valor mínimo de refletância ao fim de três anos de 0,50. Para coberturas de inclinação média (2:12 – 5:12) é obrigatório um valor mínimo de refletância inicial de 0,15. Coberturas com inclinação elevada (superior a 5:12) não têm requisitos mínimos de refletância inicial. Todos os produtos para coberturas devem ser classificados pelo CRRC ou pela Energy Star.

Segundo a CRRC, as soluções *cool roof* apresentam vantagens para estação de arrefecimento, pois permitem poupar nos gastos de eletricidade reduzindo as necessidades de climatização artificial no verão. Relativamente à estação de aquecimento, estas soluções não conduzem necessariamente a maiores gastos energéticos, pois durante o Inverno a cobertura corresponde a uma fonte de calor insignificante, uma vez que os dias são mais pequenos (menos horas de incidência solar), o sol está mais baixo e é menos intenso, e há maior ocorrência de dias nublados. Mesmo que os gastos energéticos aumentem durante o Inverno, este aumento é muito compensado pela poupança de energia alcançada durante o Verão. [13]

O diretório da CRRC apresenta-se como uma mais-valia quando se pretende escolher uma tinta com alta refletância, pois permite comparar os valores das propriedades radiativas.

Existem muitas empresas espalhadas pelo globo (como por exemplo, na Índia, na Austrália, no Reino Unido, na Califórnia, em Portugal) que comercializam tintas exteriores com alta refletância para coberturas e paredes exteriores. No entanto, a maioria destas empresas apontam apenas as vantagens da aplicação destas tintas em coberturas, não fazendo grande publicidade à sua aplicação em paredes.

## **2.3. SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO**

### **2.3.1. ANÁLISE DO CICLO DE VIDA**

O setor da construção é responsável por elevados impactes ambientais, não só durante a fase de construção de um empreendimento, mas também durante a fase de utilização e desconstrução. [14] Segundo um estudo realizado pela Environmental Protection Agency (EPA), nos Estados Unidos a construção é a terceira maior indústria em termos de contribuição de emissões de gases de efeito de estufa. [15] Os edifícios são responsáveis pelo consumo de grandes quantidades de energia e recursos naturais, elevadas emissões de CO<sub>2</sub> e geração de grandes quantidades de Resíduos de Construção e Demolição (RC&D). [14] A necessidade de promover a construção sustentável dos edifícios visa a redução dos impactes ambientais (emissões e resíduos), a conservação dos recursos naturais, a poupança, e o conforto, saúde e segurança dos utilizadores. [14]

A fase de projeto deve ser vista como uma fonte de lucro e não uma fonte de despesa [14], pois é importante que a montante se proceda a contabilização de todos os impactes ambientais associados a uma construção. A análise do ciclo de vida (ACV) ou “Life Cycle Assessment” (LCA) é uma metodologia que permite quantificar os potenciais impactes ambientais associados ao ciclo de vida de um produto, processo ou serviço, ou seja, desde a extração e o processamento de matérias-primas, fabricação, transporte e distribuição, utilização, manutenção, reciclagem/reutilização até à deposição final. [15] [14] Esta metodologia passou a estar regulamentada a nível internacional a partir de 1996 pelas normas ISO 14040, ISO 14041, ISO 14042 e ISO 14043. Estas quatro normas foram substituídas por duas normas: a ISO/IEC 14040 2006, Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e enquadramento; e a ISO/IEC 14044 2006, Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Requisitos e diretrizes. Segundo estas duas normas, a implementação de uma análise LCA divide-se em

quatro fases, Definição do Objetivo e do Âmbito, Inventário do Ciclo de Vida (LCI), avaliação dos Impactes de Ciclo de Vida, e, por fim, Interpretação. [15] Uma análise LCA obriga à existência de um vasto leque de dados sobre os impactes ambientais dos materiais, para as diferentes fases que compõem o ciclo de vida. [14] O LCA pode ser desenvolvido em três tipos de análise, em função das fases de ciclo de vida que são estudadas: *cradle-to-grave* (“do berço ao túmulo”) que corresponde à totalidade do ciclo de vida de um produto, *cradle-to-gate* (“do berço à porta”) que considera a parte do ciclo de vida que vai desde a extração do produto à porta da fábrica, e *cradle-to-cradle* (“do berço ao berço”) que abrange a totalidade do ciclo de vida de um produto e a sua reciclagem. [15]

Segundo a norma prEN 5978:2011, os indicadores de desempenho ambiental encontram-se divididos em dois grupos, impactes ambientais expressos em categorias de LCA e impactes ambientais baseados em dados de inventário de ciclo de vida (LCI), mas não expressos em categorias LCA. A tabela 2.1 apresenta os indicadores para a avaliação do desempenho ambiental. [15]

Tabela 2.1 – Indicadores para avaliação do desempenho ambiental (prEN 15978:2011) [15]

Impactes ambientais expressos em categorias LCA	Impactes ambientais baseados em dados de LCI, mas não expressos em categorias LCA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esgotamento de recursos abióticos;</li> <li>• Alterações climáticas expressas em Potencial de Aquecimento Global;</li> <li>• Destruição da camada de ozono estratosférico;</li> <li>• Acidificação do solo e dos recursos hídricos;</li> <li>• Eutrofização;</li> <li>• Formação de ozono troposférico, expresso em oxidantes fotoquímicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilização de recursos não renováveis, para além da energia primária;</li> <li>• Reutilização e utilização de produtos reciclados;</li> <li>• Utilização de energia primária não renovável;</li> <li>• Consumo de água potável;</li> <li>• Armazenamento de resíduos não perigosos;</li> <li>• Armazenamento de resíduos perigosos;</li> <li>• Resíduos nucleares (separados dos resíduos nucleares).</li> </ul>

No que respeita às tintas e vernizes, os documentos de certificação dos mesmos, permitem comprovar em relação ao LCA, são avaliados os seguintes impactes ambientais: [1]

- Potencial de aquecimento global (GWP), expresso em emissões de CO<sub>2</sub>;
- Potencial de acidificação atmosférica (AP) (aumento da presença de substâncias ácidas nas camadas inferiores da atmosfera);
- Potencial de eutrofização (EP), (níveis excessivos de macronutrientes no ambiente causados pelas emissões de nutrientes para o ar, água e solo);
- Potencial de formação de ozono troposférico (POCP);
- Potencial de esgotamento de recursos não renováveis.

### 2.3.2. Rotulagem ambiental

A rotulagem ambiental é um mecanismo de comunicação e diferenciação que permite valorizar os bens e serviços no mercado com melhor desempenho ambiental favorecendo a sua escolha. [1] [14] Existem três tipos de rotulagem ambiental, os rótulos ecológicos, as auto-declarações e as Declarações Ambientais de Produto (EDP).

Os rótulos ecológicos são “selos” que indicam que um produto ou serviço cumpre determinados requisitos ambientais com base no respetivo ciclo de vida, e é dirigido ao consumidor final. Um exemplo é o Rótulo Ecológico Europeu, o Ecolabel (figura 2.4), que já contém especificações para tintas e vernizes para interiores e exteriores. A decisão 2014/312/UE obriga a que as tintas cumpram a Diretiva 2004/42/CE para lhes serem atribuídas o rótulo ecológico da EU. Esta diretiva limita as emissões de COV compostos orgânicos voláteis da tinta. [16]



Figura 2.4 – Rótulo Ecológico Europeu [17]

As auto-declarações são desenvolvidas pelos fabricantes, importadores ou distribuidores para comunicar informação sobre aspetos ambientais dos seus produtos ou serviços sem estarem sujeitos a verificação externa, e são também dirigidas ao consumidor final.

As Declarações Ambientais de Produto são mais complexas e são dirigidas ao público profissional. As EPDs constituem um sistema voluntário e de descrição do desempenho ambiental de produtos e são uma boa fonte para a quantificação do desempenho ambiental de materiais e produtos. [15]. As declarações não indicam necessariamente que o produto seja ambientalmente superior, mas demonstram que o fornecedor tem um bom conhecimento dos aspetos e impactes ambientais. [14]

### 2.3.3. COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS (COV)

Uma das maiores preocupações ambientais no que respeita às tintas são as emissões de compostos orgânicos voláteis (COV). As emissões de COVs têm lugar geralmente em grandes quantidades durante a aplicação do produto e depois a sua emissão diminui ao longo do tempo, dependendo do tempo de secagem. [14] Este fenómeno está relacionado com problemática do potencial de formação de ozono troposférico (POCP). [15]

A Diretiva 2004/42/CE impõe aos fabricantes de tintas e vernizes um valor máximo de COV, que deve estar inscrito no rótulo do produto. No entanto não existe nenhum sistema de rotulagem obrigatória. [14]



# 3

## **ANÁLISE DO DESEMPENHO DE UMA TINTA COM ALTA REFLETÂNCIA QUANDO APLICADA NAS PAREDES EXTERIORES DE UM EDIFÍCIO**

### **3.1. INTRODUÇÃO**

A utilização de tintas com alta refletância é mais comum em coberturas, devido ao facto da cobertura corresponder a área mais exposta ao sol de qualquer edifício, tornando-se assim o responsável pelo aumento da temperatura interior resultante do calor da radiação solar. No entanto estas tintas também se destinam a ser aplicadas em paredes exteriores. Existem poucas fontes fidedignas com informação sobre tintas com alta refletância e vantagens da sua aplicação, maior parte da informação provém de publicidade das marcas que comercializam estas tintas. O CRRC é das poucas fontes fiáveis onde se pode consultar informação sobre as vantagens da aplicação deste tipo de revestimentos em coberturas, a variedade de produtos disponíveis e as suas respetivas propriedades. Contudo, o CRRC apenas apresenta informação relativa à aplicação em coberturas. Deste modo, não se consegue conhecer o funcionamento das tintas em paredes, nem o impacto destas no desempenho de um edifício. Cria-se assim uma necessidade de proceder a uma análise do desempenho das tintas com alta refletância quando aplicadas nas paredes exteriores de um edifício.

### **3.2. TINTA COM ALTA REFLETÂNCIA SELECIONADA**

De modo a comprovar a eficiência destas tintas quando aplicadas nas paredes exteriores de um edifício, foi escolhida uma tinta disponível no mercado e simulada a sua aplicação num edifício fictício situado no Porto, através de um programa de simulação térmica. A tinta escolhida será designada por tinta X.

A tinta X pertence a uma marca australiana que comercializa revestimentos especializados em proteger todo o tipo de superfícies sob o sol. [18] No mercado, a tinta X é apresentada como um produto rentável, de fácil manutenção e amigo do meio ambiente, capaz de diminuir a temperatura do interior de um edifício até 15°C, protegendo contra a radiação infravermelha, ultravioleta e visível, ao refletir o calor para longe das superfícies do edifício, devido ao elevado índice de refletância solar e emissividade alta. Deste modo, a tinta X permite obter interiores mais frescos e confortáveis. Esta tinta apresenta-se também como uma tinta muito durável, capaz de proteger o exterior do edifício até 10 anos. [19]



A tinta X consiste numa tinta acrílica com alta refletância à base de água que pode ser aplicada em paredes exteriores e coberturas. [20] Foram testadas amostras da tinta no laboratório Asphalt Technologies, e determinados os valores de refletância solar segundo a norma ASTM C 1549 (Standard Test Method for Determination of Solar Reflectance Near Ambient Temperature Using a Portable Reflectometer), a emitância de infravermelhos segundo a norma ASTM C 1371 (Standard Test Method for Determination of Solar Emittance of Materials Near Room Temperature Using Portable Emissometers). Ambos os métodos utilizados são aceites pelo CRRC para determinação das respetivas propriedades. Para a tinta X em cor branca obteve-se valores de refletância solar igual a 87,8%, emitância igual a 89% e SRI igual a 110,5%. Estes foram os valores apresentados no certificado de confiança, que se encontram em anexo.

### 3.3. PROGRAMA DE SIMULAÇÃO TÉRMICA DESIGNBUILDER

O DesignBuilder é um programa de simulação térmica que permite construir o modelo de um edifício, caracteriza-lo e realizar simulações para obter dados concretos do seu funcionamento, como por exemplo, prever temperaturas interiores (ar e superfície). Esta ferramenta é o primeiro interface gráfico do EnergyPlus. [21] O EnergyPlus é programa de simulação desenvolvido pelo DOE (Department of Energy, EUA) em colaboração com diversos investigadores de vários países, que pode ser utilizado com diferentes interfaces e ferramentas de análise de resultados, como é o caso do DesignBuilder. [22]

A utilização do DesignBuilder para simular a aplicação da tinta com alta refletância X em cor branca nas paredes exteriores de um edifício permite determinar a sua influência na temperatura do edifício. Os parâmetros mais relevantes a analisar nesta simulação são a temperatura radiante, temperatura operacional, temperatura do ar e temperaturas superficiais exterior e interior das paredes exteriores.

### 3.4. SIMULAÇÃO DE UM EDIFÍCIO FICTÍCIO

#### 3.4.1. PARÂMETROS DA SIMULAÇÃO

Para se proceder à análise do desempenho da tinta com alta refletância foram realizadas simulações num edifício fictício em cinco cenários diferentes. O que diferencia os cenários em que são realizadas as simulações é a constituição das paredes exteriores e a aplicação ou não aplicação da tinta X. No cenário 1 o edifício é constituído por paredes exteriores duplas e é aplicada a tinta X na superfície exterior das paredes; no cenário 2 o edifício é constituído por paredes exteriores duplas mas não é aplicada nenhuma tinta com alta refletância; no cenário 3 o edifício é constituído por paredes exteriores simples e é aplicada a tinta X na superfície exterior das paredes; no cenário 4 o edifício é constituído por paredes exteriores simples e não é aplicada nenhuma tinta com alta refletância; por fim, no cenário 5 o edifício fictício é constituído por paredes exteriores duplas e é simulada a aplicação da tinta X na superfície exterior das paredes exteriores e da cobertura.

A partir destas simulações, pretende-se conhecer o impacto da aplicação da tinta com alta refletância na temperatura dos edifícios, comparar o seu desempenho em edifícios com paredes exteriores com diferentes construções (parede dupla e parede simples), e ainda, comparar as temperaturas obtidas no interior de um edifício onde foi aplicada a tinta com elevada refletância apenas nas paredes com um edifício onde foi aplicada a mesma tinta nas paredes exteriores e na cobertura.

Na criação do projeto no DesignBuilder escolheu-se como localização o Porto e como tipo de análise o *Portuguese Version*. Na definição do “tipo” de edifício fictício a simular nos cinco cenários, foi utilizado como base um modelo pré-definido do programa, o *Parametric building + standard data* (figura 3.1). O

edifício tem geometria retangular com 25 metros de comprimento e 15 metros de largura, e é constituído por dois pisos com 3,5 metros de pé-direito. A figura 3.2 apresenta a visualização do edifício no programa.

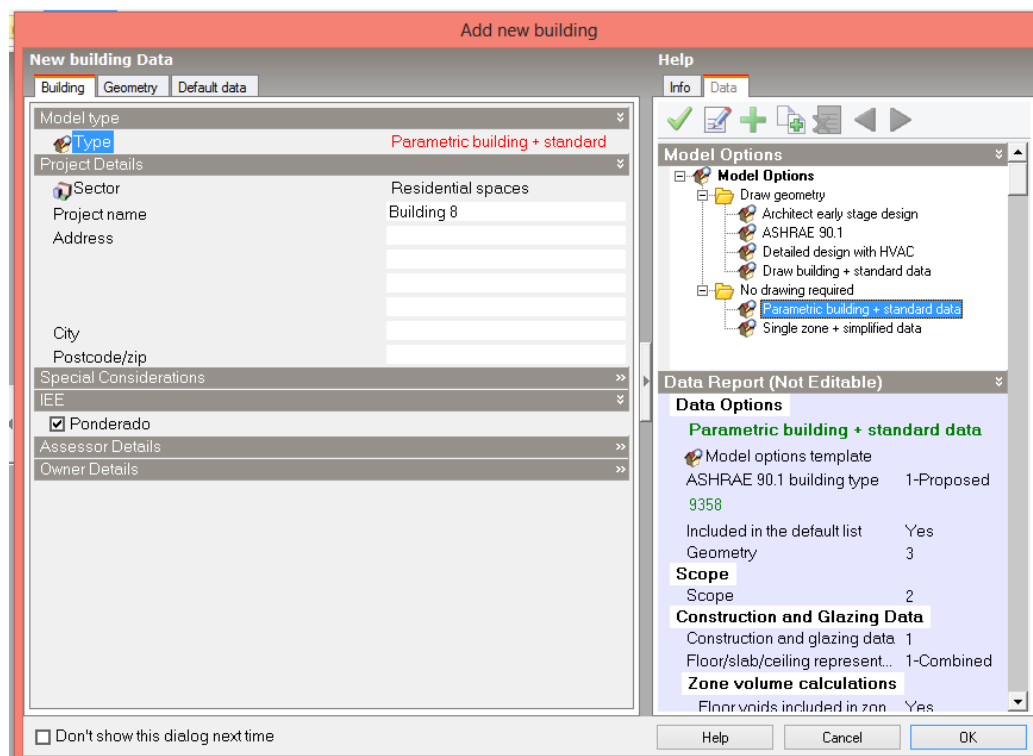


Figura 3.1 – Escolha do modelo do tipo de edifício utilizado nos cinco cenários.



Figura 3.2 – Visualização do edifício fictício.

Na edição do edifício considerou-se as mesmas condições nos cinco cenários relativamente aos separadores *Activity*, *Openings*, *Lighting*, *HVAV*, *Outputs* e *CFD*, diferindo apenas no separador *Construction*. Os valores dos parâmetros utilizados nas simulações correspondem na sua maioria às condições padrão do modelo de edifício escolhido. Os pontos mais importantes das simulações serão expostos de seguida, juntamente com as alterações efetuadas nas condições do edifício definidas no modelo utilizado.

No separador denominado *Activity* (figura 3.3) são definidos os dados relacionados com a atividade em todo o edifício, isto é, a ocupação, o conforto e os equipamentos, e neste caso considerou-se que o edifício não tem equipamentos de escritório nem computadores ligados.

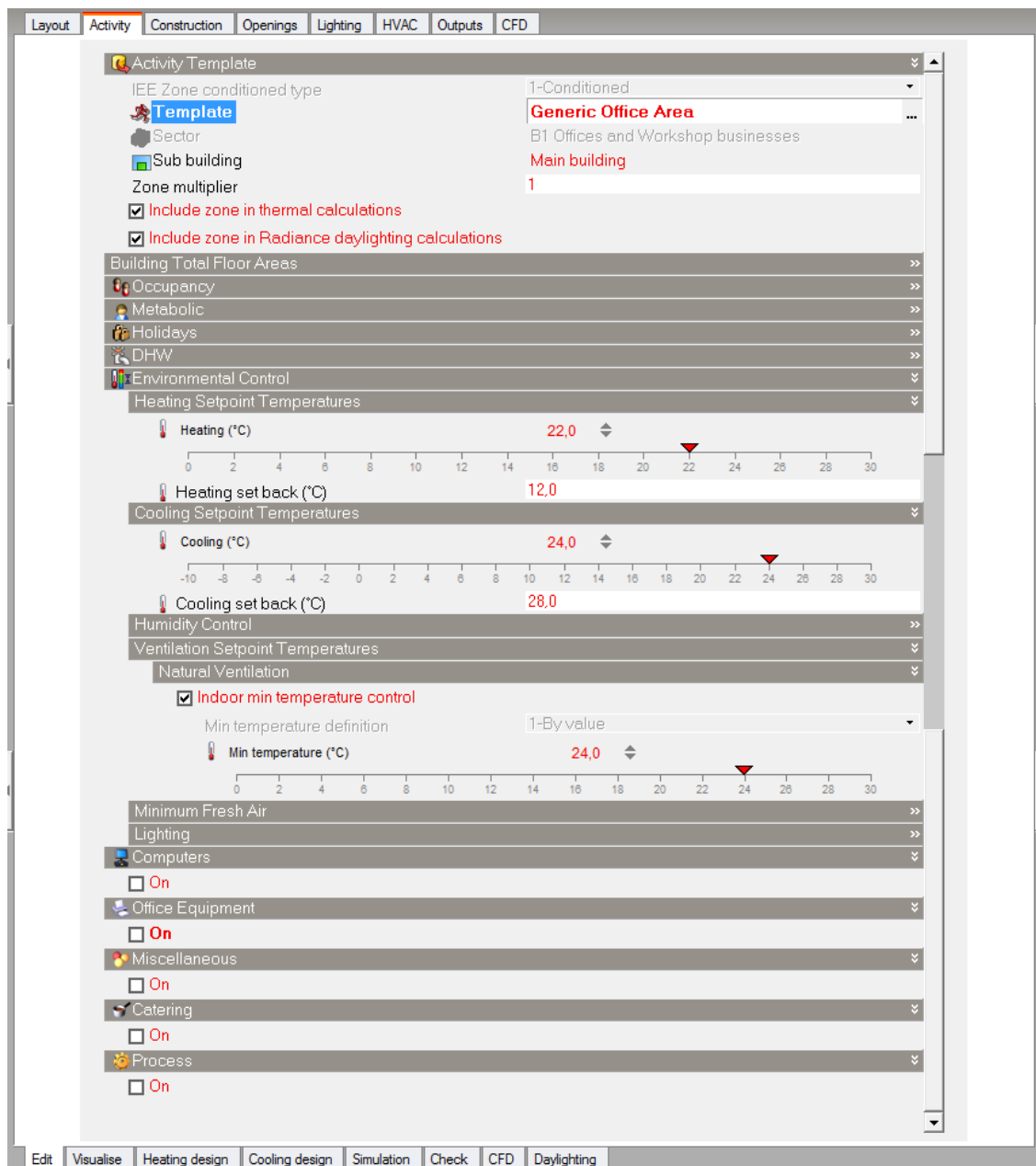


Figura 3.3 – Separador *Activity* do DesignBuilder com as características consideradas no edifício.

O separador HVAC permite definir as condições de aquecimento, refrigeração e ventilação (mecânica e natural) de todo o edifício. No edifício simulado não se considerou ventilação mecânica, considerou-se ventilação natural com características pré-definidas no modelo. A figura 3.4 apresenta as características do edifício relativas ao separador HVAC. Na figura pode-se ver que foi definido no modelo escolhido que ocorrem três renovações de ar por hora em todo o edifício.

The screenshot displays the HVAC separator configuration in DesignBuilder. The 'HVAC' tab is selected, showing a hierarchical list of settings. The 'Fan-coil unit' is the active component. Under 'Mechanical Ventilation', 'On' is checked. 'Auxiliary Energy' shows 'Pump etc energy (W/m2)' as 0.0000 and 'Schedule' as 'Office\_OpenOff\_Occ'. 'Heating' is set to 'Heated'. 'Cooling' is set to 'Cooled'. 'Humidity Control' has 'Humidification' and 'Dehumidification' unchecked. 'DHW' is set to 'On'. The 'DHW Template' is 'Project DHW', with 'Type' as '4-Instantaneous hot water only', 'DHW CoP' as 0.8500, and 'Fuel' as '1-Electricity from grid'. 'Water Temperatures' are set to 'Delivery temperature (°C)' 65.00 and 'Mains supply temperature (°C)' 10.00. 'Operation' is set to 'Schedule Office\_OpenOff\_Occ'. 'Natural Ventilation' is set to 'On'. 'Outside air definition method' is '1-By zone', and 'Outside air (ac/h)' is 3.000, with a slider bar from 0 to 12. 'Operation' is 'Schedule Office\_OpenOff\_Occ'. 'Delta T Limits' has 'Delta T limit control' checked, 'Delta T definition' as '1-By value', and 'Delta T (deltaC)' as 0.0. 'Mixed Mode Zone Equipment' has 'Mixed mode on' unchecked. 'Air Temperature Distribution' has 'Distribution mode' set to '1-Mixed'.

Figura 3.4 – Separador HVAC do DesignBuilder com as características consideradas no edifício.

O separador *Construction* (figura 3.5) permite editar as características de todos os elementos construtivos dos edifícios. As propriedades térmicas da construção são calculadas com base nas camadas, tendo cada uma um material de referência e uma determinada espessura. A combinação do material e da espessura define as características térmicas da respetiva camada. Neste separador manteve-se as opções construtivas pré-definidas no modelo, alterando-se apenas o projeto das paredes exteriores de acordo com cada cenário, e no caso do cenário 5 alterou-se também o projeto da cobertura.

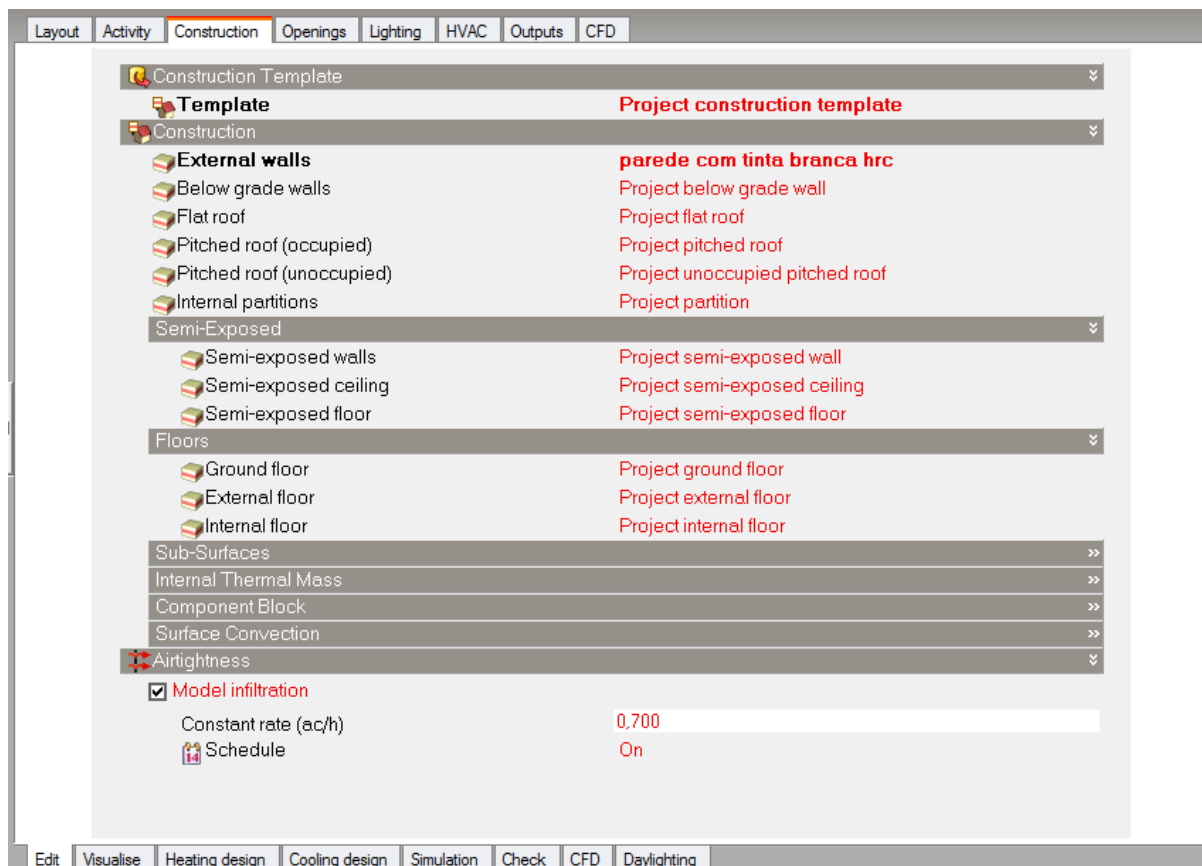


Figura 3.5 – Separador *Construction* do DesignBuilder com as características consideradas no cenário 1.

No cenário 1 considerou-se paredes exteriores duplas com aplicação da tinta com alta refletância na superfície exterior. Para tal, criou-se um projeto de parede exterior composta por pano interior de parede de tijolo com 11cm, seguido por uma camada isolante (poliestireno extrudido) com 4cm de espessura, uma camada de ar de 4cm e por fim uma camada de tijolo com 20cm. Na figura 3.6 pode-se observar as camadas que constituem a parede exterior. Para simular a aplicação da tinta com alta refletância substituiu-se as propriedades superficiais da camada exterior das paredes pelas propriedades da tinta. A tinta X apresenta uma refletância solar de 0,878 (que corresponde a uma absorptância solar igual a 0,122) e uma emitância igual a 0,89, assim sendo, utilizou-se estes valores nas propriedades superficiais da camada exterior das paredes (figura 3.7).

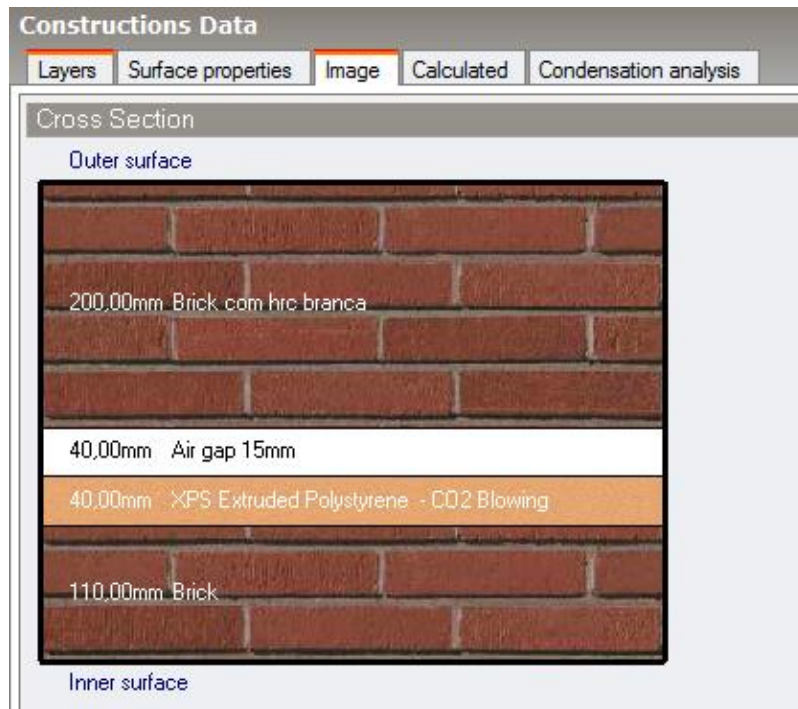


Figura 3.6 – Imagem do DesignBuilder correspondente ao corte construtivo das paredes exteriores do cenário 1.

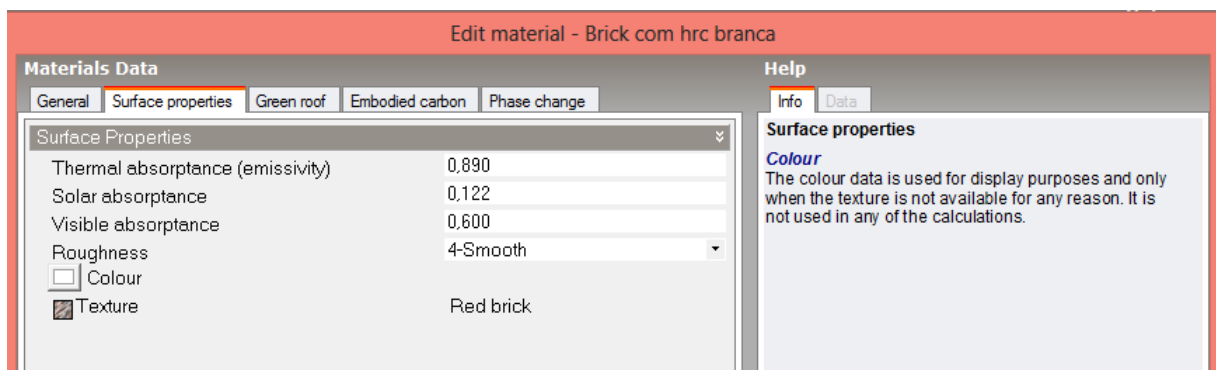


Figura 3.7 – Propriedades superficiais da camada exterior das paredes exteriores do cenário 1 (com aplicação da tinta X).

No cenário 2 as paredes exteriores têm constituição igual as paredes do edifício no cenário 1 (do exterior para o interior: tijolo com 20cm+camada de ar com 4cm+XPS com 4cm+11cm de tijolo) mas sem aplicação da tinta com alta refletância. Deste modo manteve-se as propriedades superficiais da camada exterior das paredes correspondente ao tijolo. Neste caso, a superfície exterior das paredes exteriores apresentam uma emitância igual a 0,90 e uma absorptância solar de 0,60 (figura 3.8). Note-se que este último parâmetro apresenta um valor muito elevado quando comparado com o valor da tinta com alta refletância.

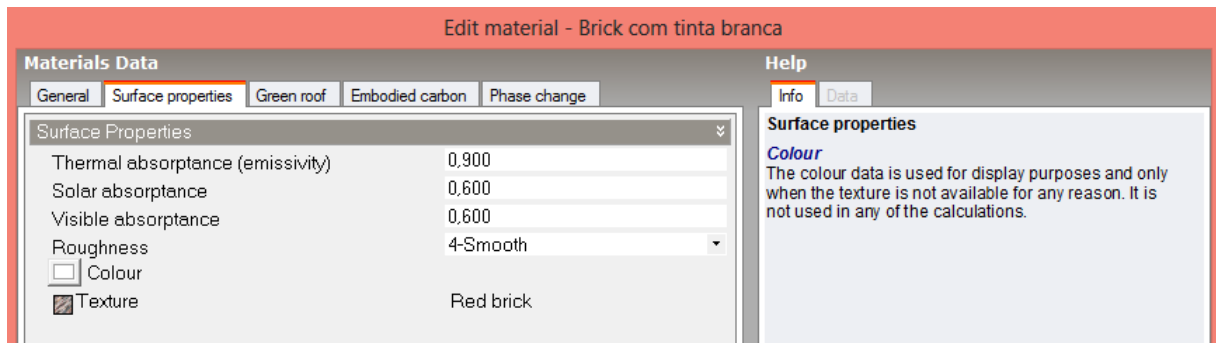


Figura 3.8 – Propriedades superficiais da camada exterior das paredes exteriores do cenário 2 (sem aplicação da tinta com alta refletância).

No cenário 3 considerou-se paredes exteriores simples constituídas por uma só camada de tijolo com 20cm de espessura e com aplicação da tinta X na superfície exterior das paredes (figura 3.9). Para simular a aplicação da tinta fez-se o mesmo que no cenário 1, ou seja, alterou-se as propriedades superficiais da parede fazendo-as corresponder às propriedades da tinta com alta refletância (figura 3.7).



Figura 3.9 – Imagem do DesignBuilder correspondente ao corte construtivo da parede exterior do edifício no cenário 3.

No cenário 4 o edifício possui paredes exteriores simples de tijolo com 20cm de espessura iguais as paredes do edifício no cenário 3, mas desta vez sem aplicação da tinta com alta refletância. Portanto, nas propriedades superficiais da parede manteve-se a absorptância solar e a emitância características do tijolo.

No cenário 5 considerou-se a aplicação da tinta X nas paredes exteriores e cobertura do edifício. Neste cenário as paredes exteriores têm constituição igual às paredes exteriores do edifício no cenário 1 e 2

(figura 3.10). O projeto da cobertura do edifício neste cenário é igual ao projeto nos outros cenários (figura 3.11), diferenciando apenas nas propriedades superficiais da camada exterior da cobertura, devido à aplicação da tinta com alta refletância X. A figura 3.12 apresenta as propriedades superficiais da camada exterior da cobertura consideradas no cenário 5, e a figura 3.13 apresenta as propriedades superficiais da cobertura consideradas nos outros cenários.

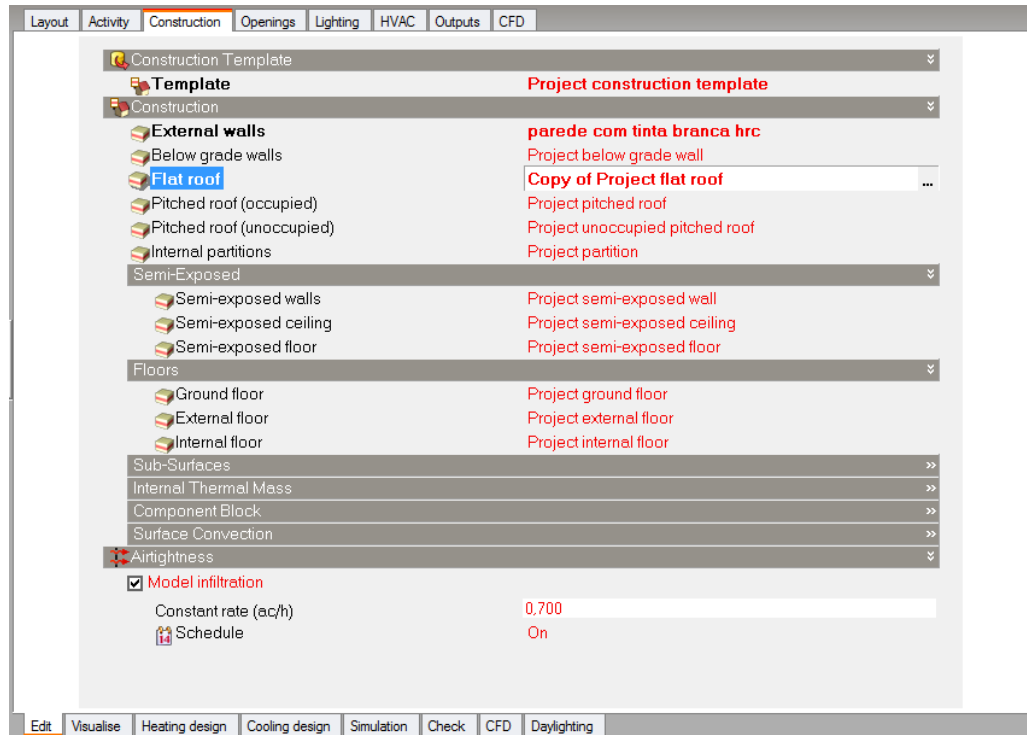


Figura 3.10 – Separador *Construction* do DesignBuilder com as características consideradas no cenário 5.



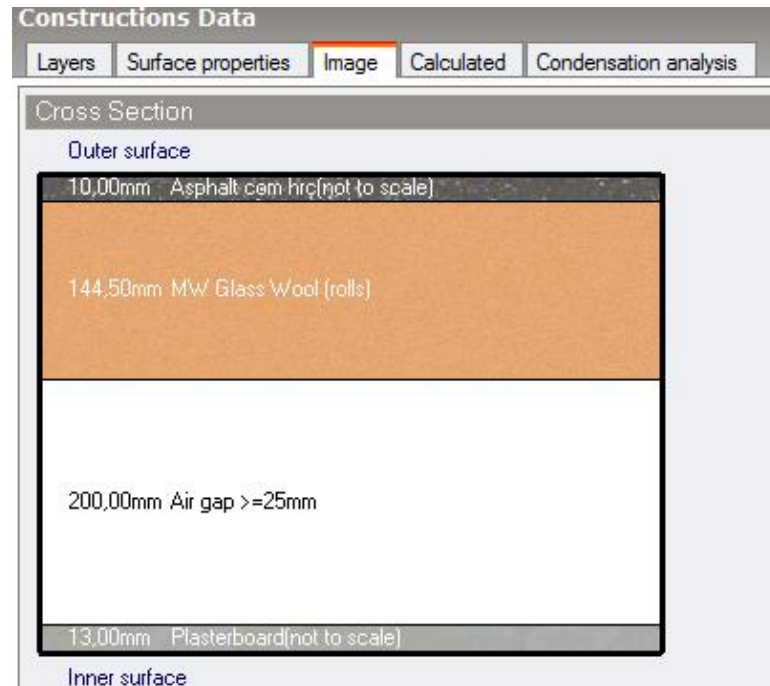


Figura 3.11 – Imagem do DesignBuilder correspondente ao corte construtivo da cobertura do edifício.

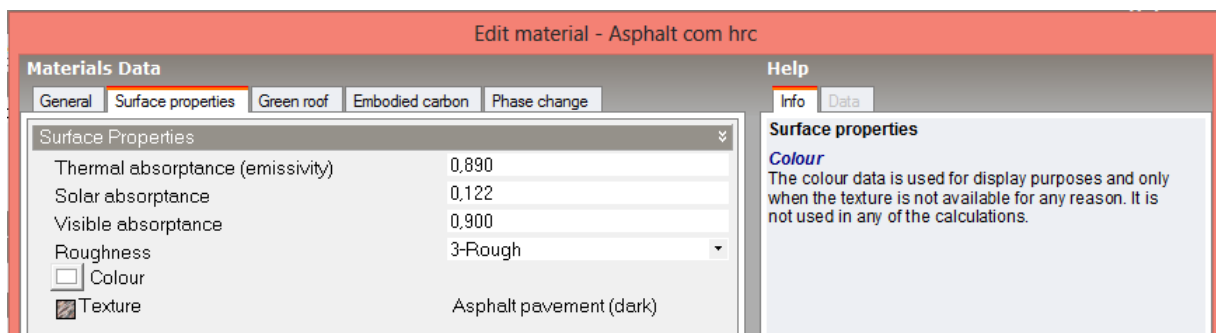


Figura 3.12 – Propriedades superficiais da camada exterior da cobertura do edifício no cenário 5 (aplicação da tinta com alta refletância).

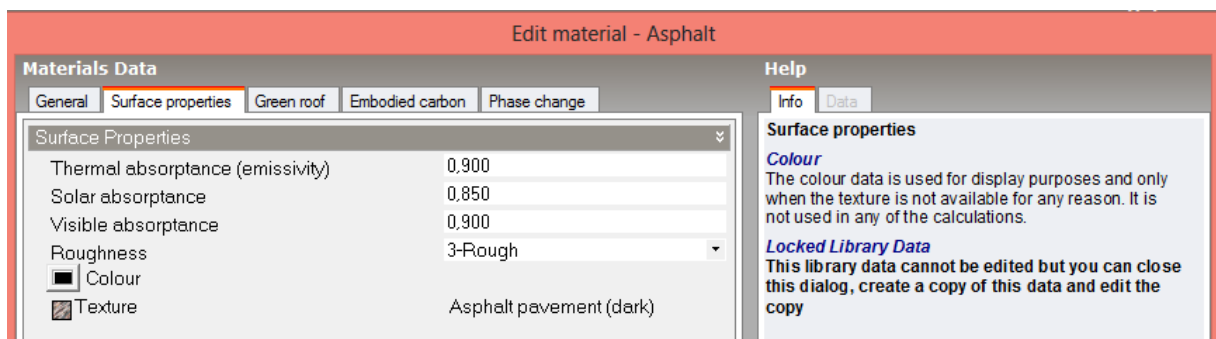


Figura 3.13 – Propriedades superficiais da camada exterior da cobertura do edifício nos cenários 1, 2, 3 e 4 (sem aplicação da tinta com alta refletância).

Com estes cinco cenários pretende-se avaliar a influência da aplicação da tinta com alta refletância de cor branca em paredes exteriores duplas, através da comparação dos resultados dos cenários 1 e 2, e em paredes simples, com a comparação dos resultados dos cenários 3 e 4; comparar o impacto da aplicação da tinta em edifícios com paredes exteriores duplas e em edifícios com paredes exteriores simples, através da comparação do desempenho da tinta X nos cenários 1 e 3; e, com a simulação do comportamento do edifício no cenário 5, pretende-se conhecer a influência da aplicação da mesma tinta também nas coberturas, comparando os resultados dos cenários 1 e 5.

### 3.4.2. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO

Os cinco cenários foram simulados para o período de tempo entre o dia 5 e o dia 11 de agosto, pois este é o intervalo de tempo identificado pelo programa como sendo a semana mais quente de verão.

Nas seguintes figuras (da figura 3.14 à figura 3.18) são apresentados os resultados das simulações dos cinco cenários, indicando as temperaturas médias diárias obtidas no edifício. A temperatura do ar corresponde à temperatura média do ar no interior do edifício, a temperatura radiante é uma média ponderada das temperaturas superficiais do interior do edifício, a temperatura operativa representa a média entre a temperatura do ar e a temperatura radiante.

Os valores das temperaturas superficiais interiores e exteriores apresentados nas figuras correspondem aos valores médios de todas as superfícies do edifício

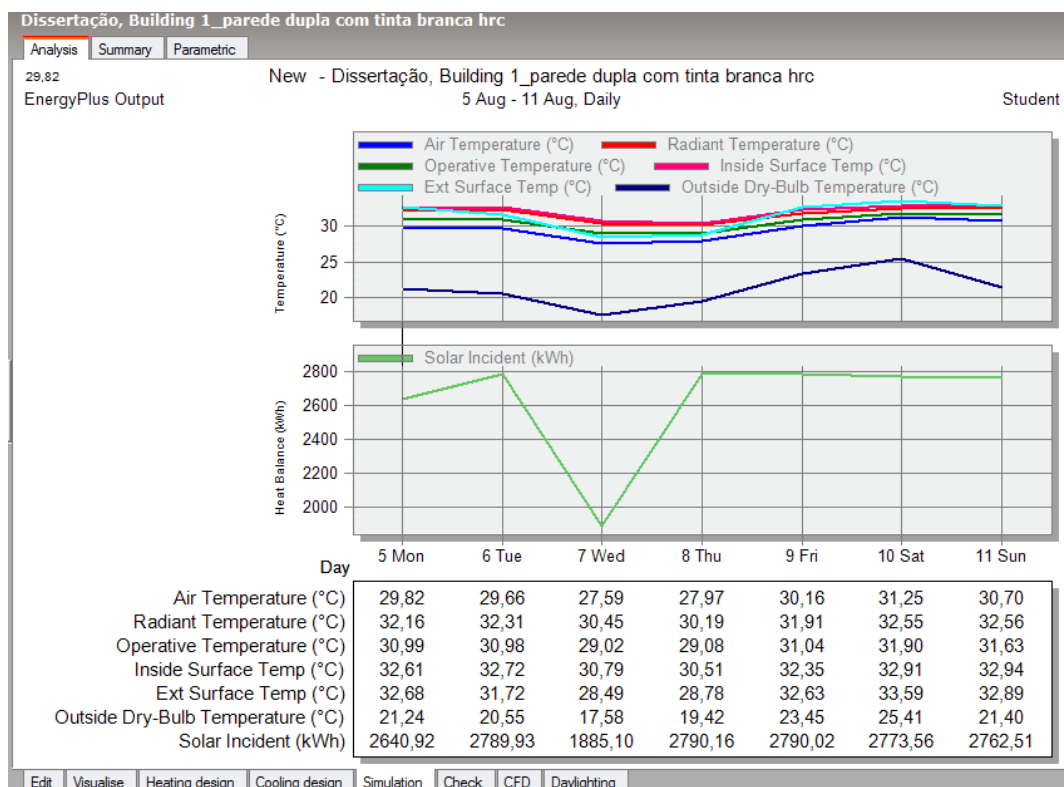


Figura 3.14 – Resultados da simulação do cenário 1.

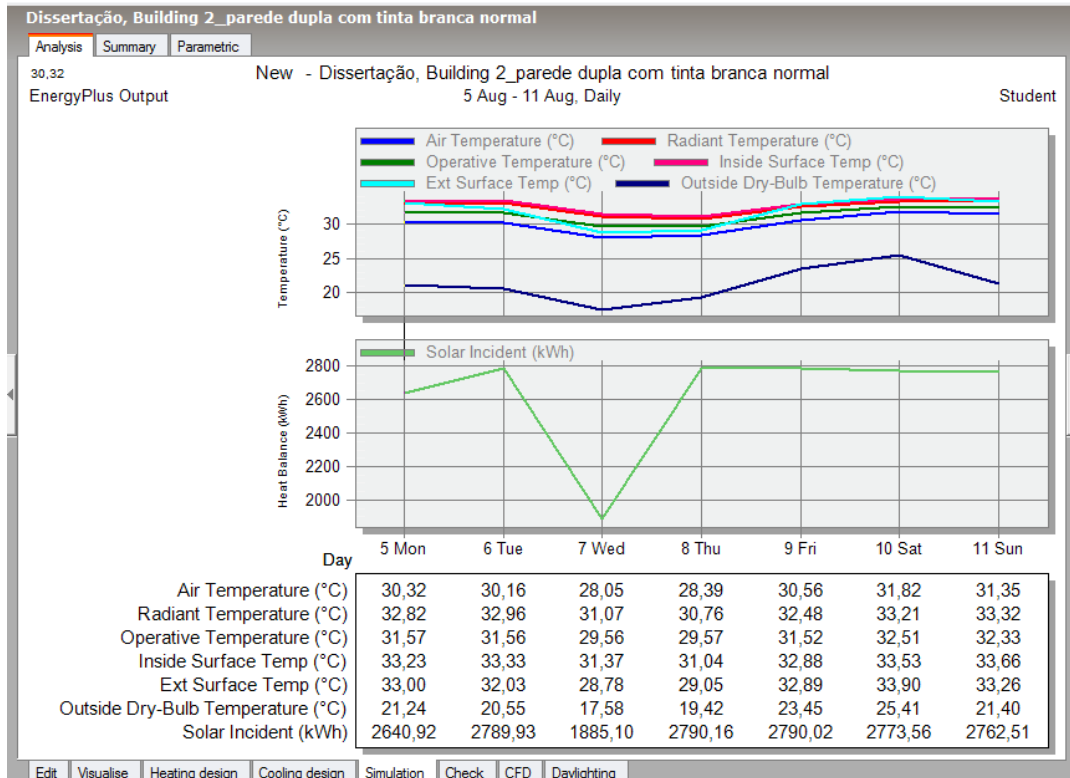


Figura 3.15 – Resultados da simulação do cenário 2.

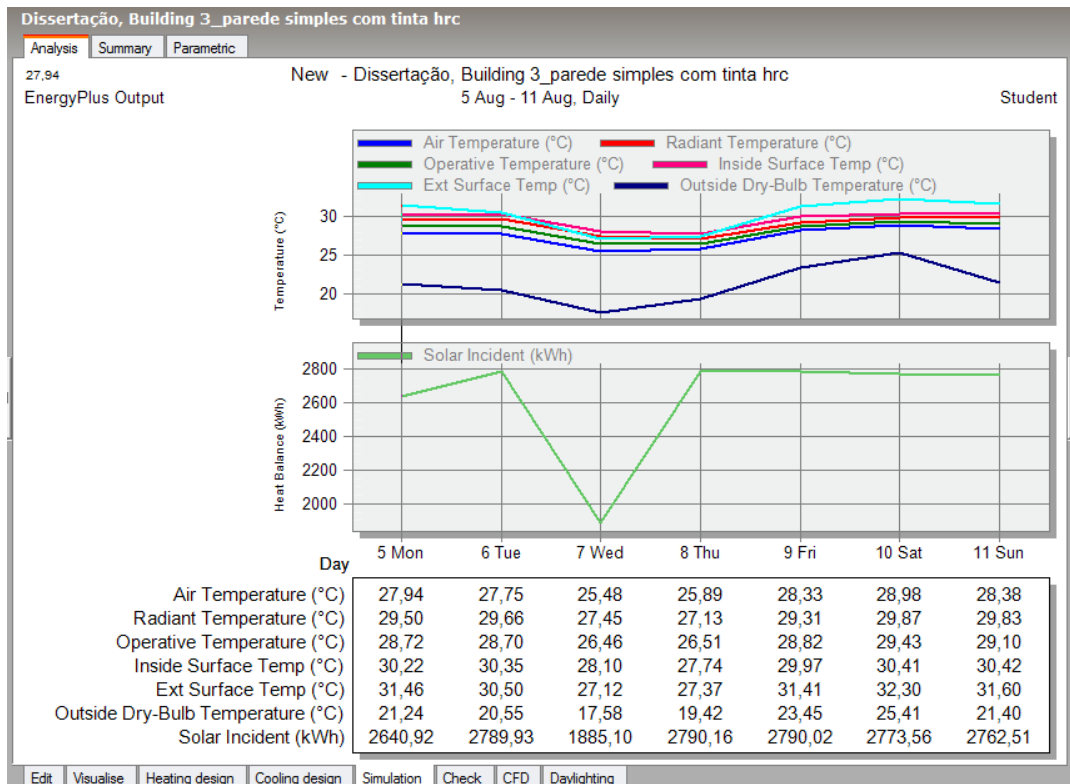


Figura 3.16 – Resultados da simulação do cenário 3.

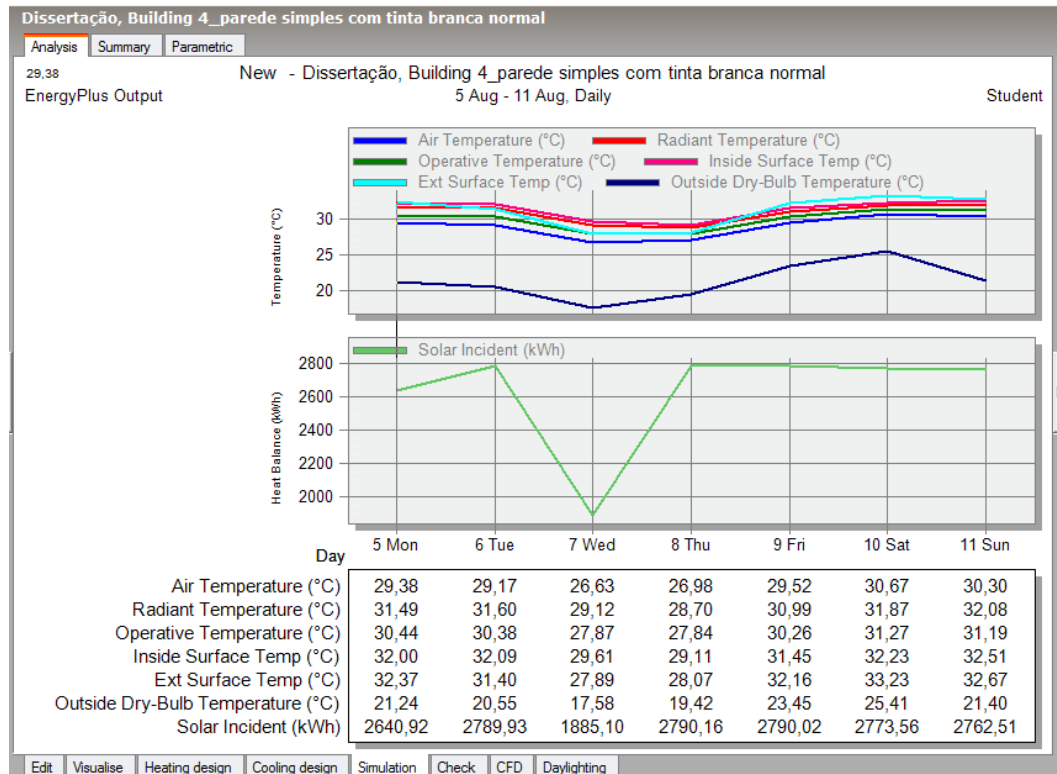


Figura 3.17 – Resultados da simulação do cenário 4.

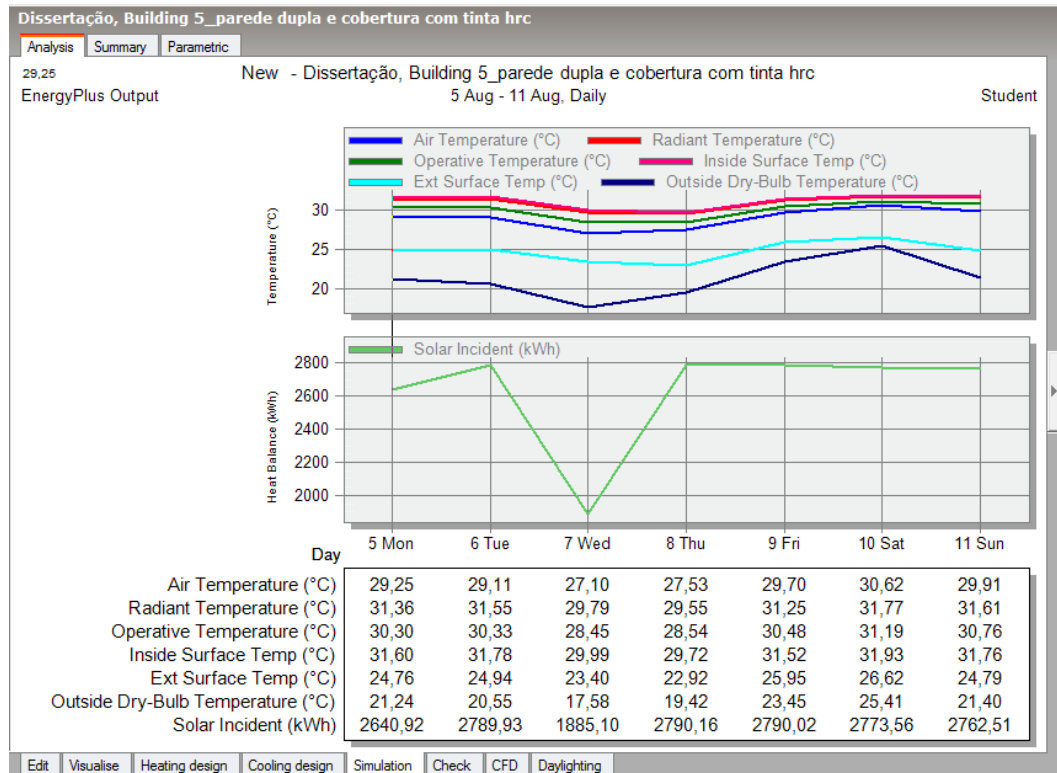


Figura 3.18 – Resultados da simulação do cenário 5.

Da tabela 3.1 à tabela 3.5 são apresentados os valores das temperaturas obtidas no edifício, em diferentes horas do dia durante a semana simulada, correspondentes aos cinco cenários.

Da tabela 3.6 à tabela 3.9 são apresentados os valores das temperaturas superficiais interiores e exteriores referentes a uma parede exterior do edifício nos cenários 1,2,3 e 4.

Em anexo encontram-se as tabelas completas com os valores horários para cada dia.

Tabela 3.1 – Valores das temperaturas obtidas no cenário 1.

Cenário 1

Data/Hora	Temperatura do ar	Temperatura radiante	Temperatura operativa
	°C	°C	°C
05/08/2002 06:00	27,255	29,370	28,312
05/08/2002 12:00	30,962	32,939	31,950
05/08/2002 18:00	32,583	34,483	33,533
06/08/2002	30,305	31,961	31,133
06/08/2002 06:00	28,616	30,240	29,428
06/08/2002 12:00	29,623	32,981	31,302
06/08/2002 18:00	31,820	34,424	33,122
07/08/2002	28,999	31,323	30,161
07/08/2002 06:00	27,297	29,405	28,351
07/08/2002 12:00	26,473	29,899	28,186
07/08/2002 18:00	29,807	32,179	30,993
08/08/2002	27,148	29,348	28,248
08/08/2002 06:00	24,879	27,215	26,047
08/08/2002 12:00	28,562	30,615	29,588
08/08/2002 18:00	31,690	33,064	32,377
09/08/2002	28,565	30,276	29,420
09/08/2002 06:00	27,272	28,779	28,026
09/08/2002 12:00	31,292	32,650	31,971
09/08/2002 18:00	33,652	34,928	34,290
10/08/2002	30,164	31,980	31,072
10/08/2002 06:00	28,146	30,030	29,088
10/08/2002 12:00	32,175	32,955	32,565
10/08/2002 18:00	33,976	34,944	34,460
11/08/2002	31,204	32,569	31,887
11/08/2002 06:00	28,501	30,570	29,536
11/08/2002 12:00	31,634	33,126	32,380
11/08/2002 18:00	32,966	34,643	33,804
12/08/2002	28,853	31,342	30,097

Tabela 3.2 – Valores das temperaturas obtidas no cenário 2.

Cenário 2

Data/Hora	Temperatura do ar	Temperatura radiante	Temperatura operativa
	°C	°C	°C
05/08/2002 06:00	27,897	30,099	28,998
05/08/2002 12:00	31,326	33,573	32,450
05/08/2002 18:00	33,011	35,077	34,044
06/08/2002	30,900	32,645	31,773
06/08/2002 06:00	29,262	30,980	30,121
06/08/2002 12:00	30,022	33,617	31,819
06/08/2002 18:00	32,258	35,008	33,633
07/08/2002	29,586	31,988	30,787
07/08/2002 06:00	27,924	30,118	29,021
07/08/2002 12:00	26,860	30,509	28,685
07/08/2002 18:00	30,093	32,725	31,409
08/08/2002	27,673	29,944	28,808
08/08/2002 06:00	25,437	27,847	26,642
08/08/2002 12:00	28,875	31,155	30,015
08/08/2002 18:00	32,029	33,572	32,800
09/08/2002	29,072	30,860	29,966
09/08/2002 06:00	27,817	29,407	28,612
09/08/2002 12:00	31,578	33,194	32,386
09/08/2002 18:00	33,854	35,442	34,648
10/08/2002	30,677	32,569	31,623
10/08/2002 06:00	28,707	30,670	29,688
10/08/2002 12:00	32,698	33,603	33,151
10/08/2002 18:00	34,537	35,613	35,075
11/08/2002	31,828	33,293	32,560
11/08/2002 06:00	29,168	31,327	30,248
11/08/2002 12:00	32,266	33,876	33,071
11/08/2002 18:00	33,600	35,402	34,501
12/08/2002	29,566	32,148	30,857

Tabela 3.3 – Valores das temperaturas obtidas no cenário 3.

Cenário 3

Data/Hora	Temperatura do ar	Temperatura radiante	Temperatura operativa
	°C	°C	°C
05/08/2002 06:00	24,705	26,413	25,559
05/08/2002 12:00	29,448	30,195	29,821
05/08/2002 18:00	30,941	32,126	31,533
06/08/2002	28,190	29,331	28,761
06/08/2002 06:00	26,151	27,333	26,742
06/08/2002 12:00	28,137	30,423	29,280
06/08/2002 18:00	30,160	32,059	31,110
07/08/2002	26,527	28,434	27,480
07/08/2002 06:00	24,417	26,046	25,232
07/08/2002 12:00	24,848	26,981	25,915
07/08/2002 18:00	27,892	29,513	28,702
08/08/2002	24,472	26,189	25,330
08/08/2002 06:00	21,748	23,569	22,659
08/08/2002 12:00	26,859	27,523	27,191
08/08/2002 18:00	29,788	30,457	30,123
09/08/2002	26,225	27,481	26,853
09/08/2002 06:00	24,717	25,717	25,217
09/08/2002 12:00	29,760	30,033	29,896
09/08/2002 18:00	32,031	32,785	32,408
10/08/2002	28,109	29,557	28,833
10/08/2002 06:00	25,721	27,206	26,464
10/08/2002 12:00	29,660	30,024	29,842
10/08/2002 18:00	31,802	32,421	32,112
11/08/2002	29,189	30,189	29,689
11/08/2002 06:00	26,236	27,963	27,099
11/08/2002 12:00	29,279	30,286	29,783
11/08/2002 18:00	30,659	31,888	31,273
12/08/2002	26,245	28,341	27,293



Tabela 3.4 – Valores das temperaturas obtidas no cenário 4.

Cenário 4

Data/Hora	Temperatura do ar	Temperatura radiante	Temperatura operativa
	°C	°C	°C
05/08/2002 06:00	26,461	28,445	27,453
05/08/2002 12:00	30,382	31,850	31,116
05/08/2002 18:00	32,375	34,093	33,234
06/08/2002	30,040	31,632	30,836
06/08/2002 06:00	27,907	29,402	28,654
06/08/2002 12:00	29,056	32,045	30,550
06/08/2002 18:00	31,439	33,912	32,675
07/08/2002	28,408	30,618	29,513
07/08/2002 06:00	26,087	27,988	27,038
07/08/2002 12:00	25,545	28,288	26,916
07/08/2002 18:00	28,813	30,989	29,901
08/08/2002	25,985	27,974	26,979
08/08/2002 06:00	23,130	25,173	24,151
08/08/2002 12:00	27,550	28,780	28,165
08/08/2002 18:00	30,945	32,084	31,514
09/08/2002	27,787	29,348	28,567
09/08/2002 06:00	26,088	27,364	26,726
09/08/2002 12:00	30,599	31,384	30,991
09/08/2002 18:00	33,306	34,522	33,914
10/08/2002	29,843	31,588	30,716
10/08/2002 06:00	27,280	29,019	28,150
10/08/2002 12:00	31,124	31,736	31,430
10/08/2002 18:00	33,646	34,624	34,135
11/08/2002	31,227	32,570	31,898
11/08/2002 06:00	28,062	30,062	29,062
11/08/2002 12:00	30,923	32,245	31,584
11/08/2002 18:00	32,692	34,337	33,515
12/08/2002	28,514	30,933	29,724

Tabela 3.5 – Valores das temperaturas obtidas no cenário 5.

Cenário 5

Data/Hora	Temperatura do ar	Temperatura radiante	Temperatura operativa
	°C	°C	°C
05/08/2002 06:00	26,699	28,730	27,714
05/08/2002 12:00	30,529	32,098	31,314
05/08/2002 18:00	31,908	33,508	32,708
06/08/2002	29,633	31,172	30,402
06/08/2002 06:00	28,052	29,585	28,818
06/08/2002 12:00	29,211	32,264	30,737
06/08/2002 18:00	31,172	33,498	32,335
07/08/2002	28,368	30,592	29,480
07/08/2002 06:00	26,769	28,799	27,784
07/08/2002 12:00	26,131	29,321	27,726
07/08/2002 18:00	29,253	31,393	30,323
08/08/2002	26,617	28,734	27,675
08/08/2002 06:00	24,428	26,699	25,563
08/08/2002 12:00	28,194	29,911	29,052
08/08/2002 18:00	31,182	32,316	31,749
09/08/2002	28,063	29,691	28,877
09/08/2002 06:00	26,848	28,286	27,567
09/08/2002 12:00	30,870	31,954	31,412
09/08/2002 18:00	33,098	34,114	33,606
10/08/2002	29,610	31,335	30,472
10/08/2002 06:00	27,680	29,492	28,586
10/08/2002 12:00	31,559	32,126	31,842
10/08/2002 18:00	33,148	33,910	33,529
11/08/2002	30,514	31,757	31,135
11/08/2002 06:00	27,919	29,900	28,909
11/08/2002 12:00	30,851	32,095	31,473
11/08/2002 18:00	31,963	33,419	32,691
12/08/2002	28,027	30,399	29,213

Tabela 3.6 – Valores das temperaturas superficiais referentes a uma parede exterior do edifício no cenário 1.

Cenário 1

Data/Hora	Temperatura superficial interior	Temperatura superficial exterior
	°C	°C
05/08/2002 06:00	30,113	17,695
05/08/2002 12:00	31,693	25,527
05/08/2002 18:00	33,488	23,846
06/08/2002	32,262	21,511
06/08/2002 06:00	30,759	20,410
06/08/2002 12:00	31,981	23,698
06/08/2002 18:00	33,460	21,400
07/08/2002	31,763	18,973
07/08/2002 06:00	29,978	18,243
07/08/2002 12:00	29,673	19,665
07/08/2002 18:00	31,189	19,265
08/08/2002	29,601	16,370
08/08/2002 06:00	27,689	14,355
08/08/2002 12:00	29,164	22,439
08/08/2002 18:00	31,441	22,436
09/08/2002	30,274	19,377
09/08/2002 06:00	29,041	19,103
09/08/2002 12:00	31,068	25,843
09/08/2002 18:00	33,478	24,769
10/08/2002	32,248	21,093
10/08/2002 06:00	30,639	19,333
10/08/2002 12:00	31,710	27,946
10/08/2002 18:00	33,628	27,463
11/08/2002	32,786	23,958
11/08/2002 06:00	31,262	20,215
11/08/2002 12:00	32,134	26,362
11/08/2002 18:00	33,665	24,530
12/08/2002	31,970	18,218

Tabela 3.7 – Valores das temperaturas superficiais referentes a uma parede exterior do edifício no cenário 2.

Cenário 2

Data/Hora	Temperatura superficial interior	Temperatura superficial exterior
	°C	°C
05/08/2002 06:00	31,202	20,725
05/08/2002 12:00	32,670	38,916
05/08/2002 18:00	34,504	30,708
06/08/2002	33,370	24,998
06/08/2002 06:00	31,865	23,588
06/08/2002 12:00	32,950	34,509
06/08/2002 18:00	34,428	26,744
07/08/2002	32,785	21,537
07/08/2002 06:00	30,985	20,108
07/08/2002 12:00	30,532	25,171
07/08/2002 18:00	31,964	23,001
08/08/2002	30,388	17,958
08/08/2002 06:00	28,468	16,137
08/08/2002 12:00	29,865	33,928
08/08/2002 18:00	32,243	26,630
09/08/2002	31,157	21,361
09/08/2002 06:00	29,921	21,228
09/08/2002 12:00	31,865	39,602
09/08/2002 18:00	34,343	29,359
10/08/2002	33,178	23,779
10/08/2002 06:00	31,561	21,733
10/08/2002 12:00	32,627	40,512
10/08/2002 18:00	34,650	32,602
11/08/2002	33,881	26,864
11/08/2002 06:00	32,329	22,718
11/08/2002 12:00	33,164	40,261
11/08/2002 18:00	34,816	30,014
12/08/2002	33,164	20,942

Tabela 3.8 – Valores das temperaturas superficiais referentes a uma parede exterior do edifício no cenário 3.

Cenário 3

Data/Hora	Temperatura superficial interior	Temperatura superficial exterior
	°C	°C
05/08/2002 06:00	25,462	18,979
05/08/2002 12:00	27,185	26,435
05/08/2002 18:00	29,672	25,220
06/08/2002	28,255	23,179
06/08/2002 06:00	26,436	21,834
06/08/2002 12:00	27,820	24,428
06/08/2002 18:00	29,347	22,495
07/08/2002	27,028	20,293
07/08/2002 06:00	24,745	19,377
07/08/2002 12:00	24,672	20,543
07/08/2002 18:00	26,418	20,169
08/08/2002	24,481	17,661
08/08/2002 06:00	22,067	15,533
08/08/2002 12:00	24,035	23,224
08/08/2002 18:00	27,419	23,432
09/08/2002	26,154	20,700
09/08/2002 06:00	24,560	20,349
09/08/2002 12:00	27,082	26,867
09/08/2002 18:00	30,228	25,837
10/08/2002	28,613	22,740
10/08/2002 06:00	26,363	20,639
10/08/2002 12:00	27,540	28,785
10/08/2002 18:00	30,460	28,404
11/08/2002	29,676	25,252
11/08/2002 06:00	27,528	21,192
11/08/2002 12:00	27,983	27,033
11/08/2002 18:00	29,753	25,290
12/08/2002	27,485	19,162

Tabela 3.9 – Valores das temperaturas superficiais referentes a uma parede exterior do edifício no cenário 4.

Cenário 4

Data/Hora	Temperatura superficial interior	Temperatura superficial exterior
	°C	°C
05/08/2002 06:00	27,940	21,013
05/08/2002 12:00	31,258	39,158
05/08/2002 18:00	34,210	31,204
06/08/2002	31,738	25,518
06/08/2002 06:00	28,968	23,919
06/08/2002 12:00	31,573	34,732
06/08/2002 18:00	33,339	27,164
07/08/2002	30,033	22,047
07/08/2002 06:00	26,938	20,509
07/08/2002 12:00	26,669	25,541
07/08/2002 18:00	29,064	23,580
08/08/2002	26,649	18,852
08/08/2002 06:00	23,735	16,947
08/08/2002 12:00	27,544	34,487
08/08/2002 18:00	31,347	27,319
09/08/2002	28,893	22,160
09/08/2002 06:00	26,514	21,906
09/08/2002 12:00	30,596	40,161
09/08/2002 18:00	34,336	29,999
10/08/2002	31,538	24,599
10/08/2002 06:00	28,498	22,304
10/08/2002 12:00	31,372	40,872
10/08/2002 18:00	34,882	33,031
11/08/2002	32,929	27,325
11/08/2002 06:00	29,924	22,967
11/08/2002 12:00	32,181	40,409
11/08/2002 18:00	34,593	30,229
12/08/2002	30,984	21,141

### 3.5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

#### 3.5.1. COMPARAÇÃO DOS CENÁRIOS 1 E 2

Para facilitar a comparação dos valores obtidos nas simulações, elaborou-se gráficos com os valores horários das temperaturas obtidas ao longo de um dia. A escolha do dia da semana a analisar baseou-se nos valores da incidência solar registados ao longo da semana, o dia 9 de agosto de 2002 corresponde ao dia em que se obteve o maior valor de incidência solar. A tabela com os valores de incidência solar ao longo da semana encontra-se em anexo.

Nas figuras 3.19, 3.20 e 3.21 são apresentados os gráficos com os valores da temperatura radiante, da temperatura do ar e da temperatura operativa, respetivamente, registadas no edifício nos cenários 1 e 2. Como se pode ver nas figuras, as temperaturas atingidas no cenário 2 são sempre superiores às temperaturas atingidas no cenário 1. Ou seja, no cenário em que não se aplicou a tinta com alta refletância (cenário 2) o edifício atinge temperaturas superiores em relação ao cenário em que se aplicou a tinta (cenário 1).

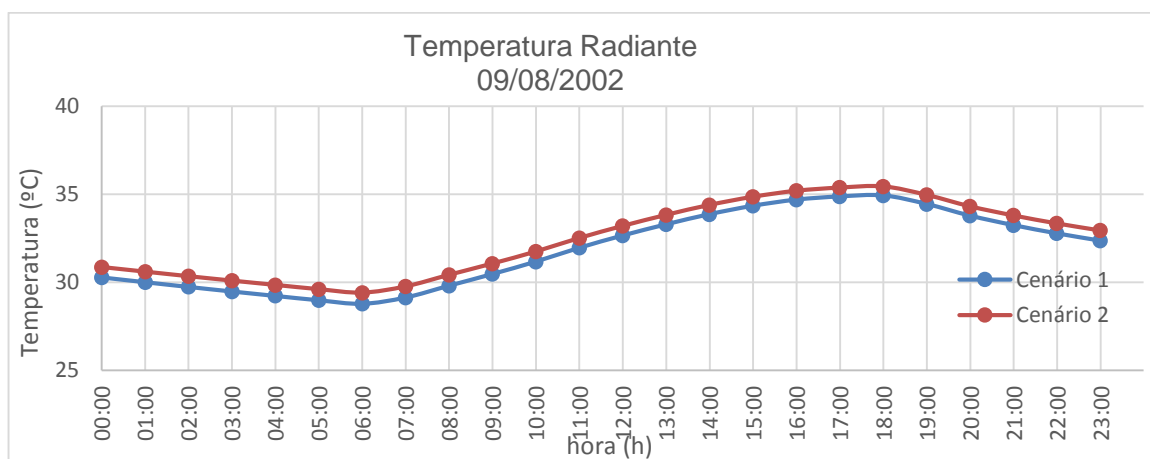


Figura 3.19 – Gráfico da temperatura radiante obtida no edifício nos cenários 1 e 2.

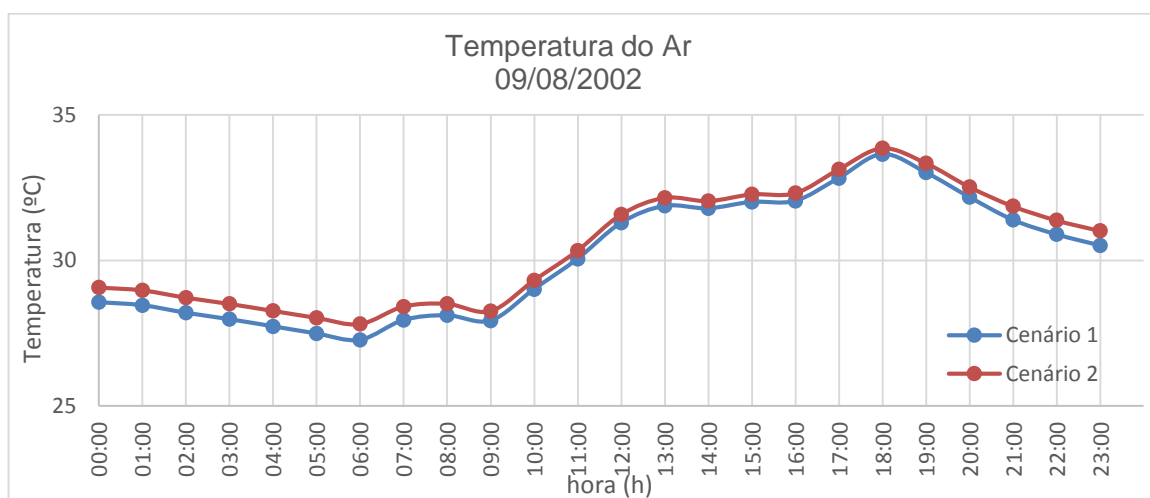


Figura 3.20 – Gráfico da temperatura do ar obtida no edifício nos cenários 1 e 2.

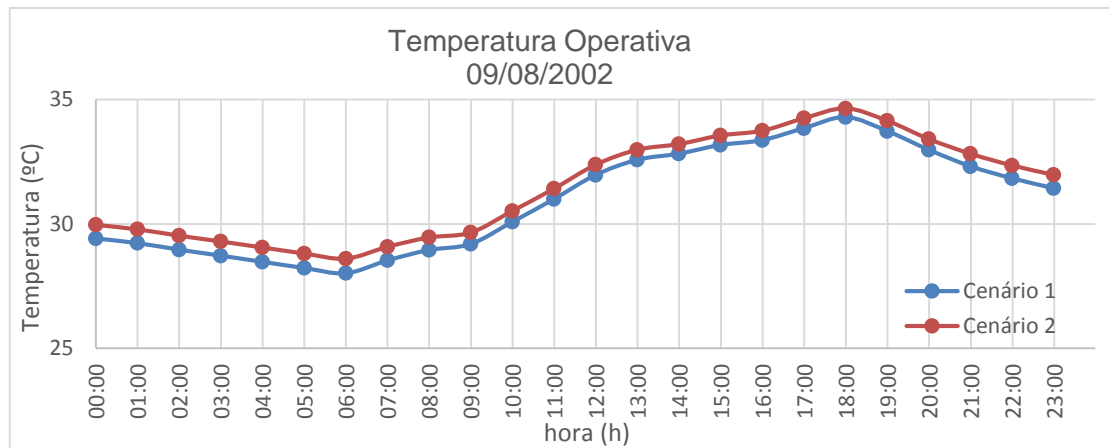


Figura 3.21 – Gráfico da temperatura operativa obtida no edifício nos cenários 1 e 2.

A figura 3.22 apresenta o gráfico com as diferenças de temperaturas entre os dois cenários. Como se pode ver neste gráfico, a maior diferença ocorre nos valores de temperatura radiante, como seria de esperar, no entanto, essa diferença de temperaturas entre os dois cenários não chega a 0,75°C.

Quando se compara os gráficos das figuras 3.21 e 3.22, verifica-se que as maiores diferenças de temperatura ocorrem nas horas em que se registam temperaturas mais baixas, e as menores diferenças de temperatura ocorrem nas horas em que o edifício atinge as temperaturas mais altas. Esta situação contraria os objetivos desejados, pois o que se pretendia era que a aplicação da tinta apresentasse o seu melhor desempenho nas horas em que se atingem as maiores temperaturas e não o contrário.

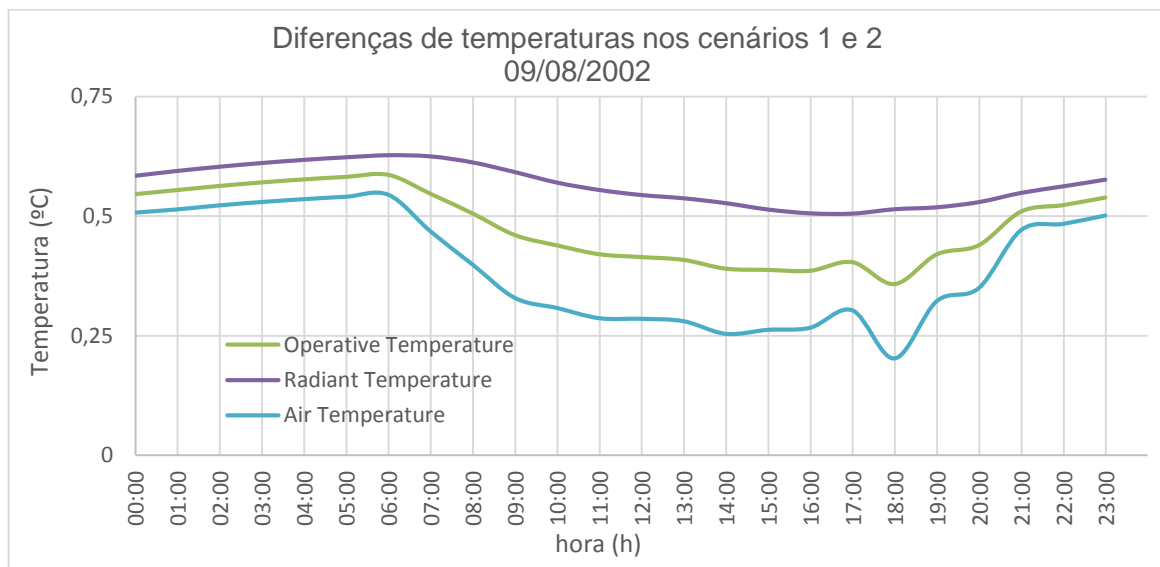


Figura 3.22 – Gráfico das diferenças de temperaturas obtidas no edifício entre os cenários 1 e 2.

A figura 3.23 apresenta o gráfico com a temperatura superficial exterior obtida numa parede exterior do edifício nos cenários 1 e 2. Neste gráfico pode-se observar que as diferenças de temperatura registada entre os dois cenários é maior nas horas de maior incidência solar, superando os 15°C. Esta situação já era expectável, uma vez que a alta refletância da tinta usada no cenário 1 impede que a superfície da parede atinja temperaturas tão elevadas.



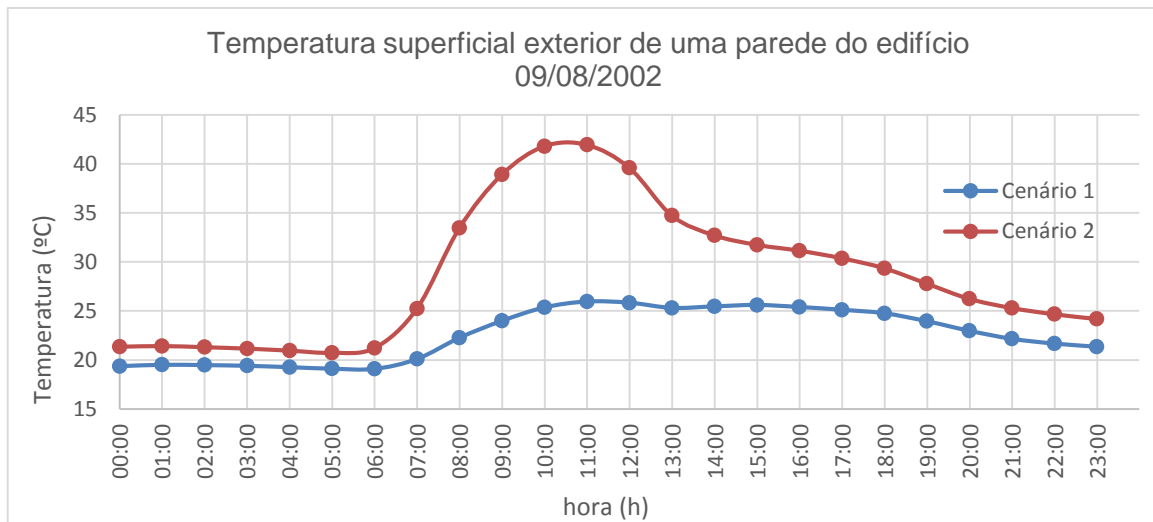


Figura 3.23 – Gráfico da temperatura superficial exterior de uma parede do edifício obtida nos cenários 1 e 2.

### 3.5.2. COMPARAÇÃO DOS CENÁRIOS 3 E 4

Nas figuras 3.4, 3.25 e 3.26 são apresentados os gráficos com os valores da temperatura radiante, da temperatura do ar e da temperatura operativa, respetivamente, registadas no edifício nos cenários 3 e 4, durante o dia 9 de agosto de 2002. Como se pode ver nas figuras, as temperaturas atingidas no cenário 4 são sempre superiores às temperaturas atingidas no cenário 3. Ou seja, no cenário em que não se aplicou a tinta com alta refletância (cenário 4) o edifício atinge temperaturas superiores em relação ao cenário em que se aplicou a tinta (cenário 3), tal como seria expectável.

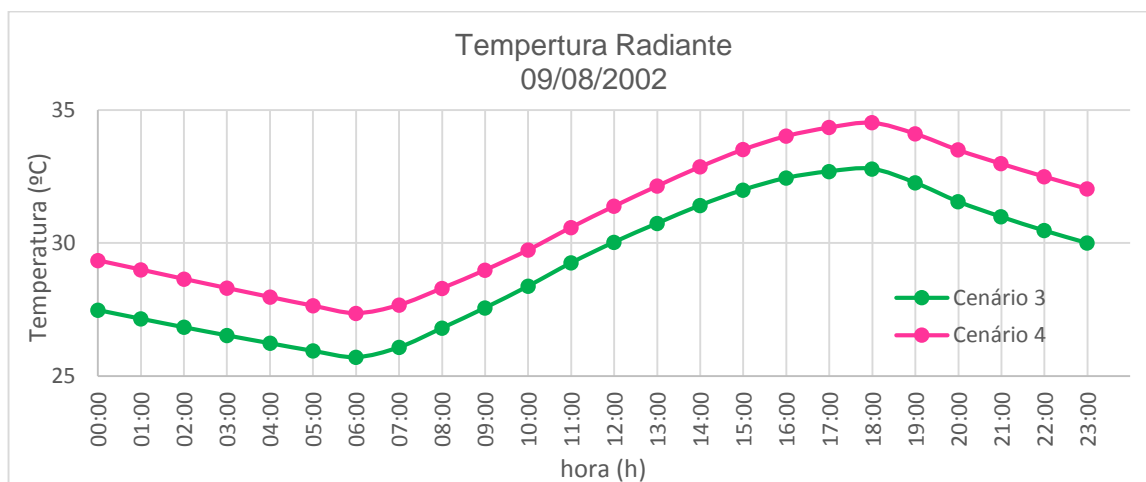


Figura 3.24 – Gráfico da temperatura radiante obtida no edifício nos cenários 3 e 4.

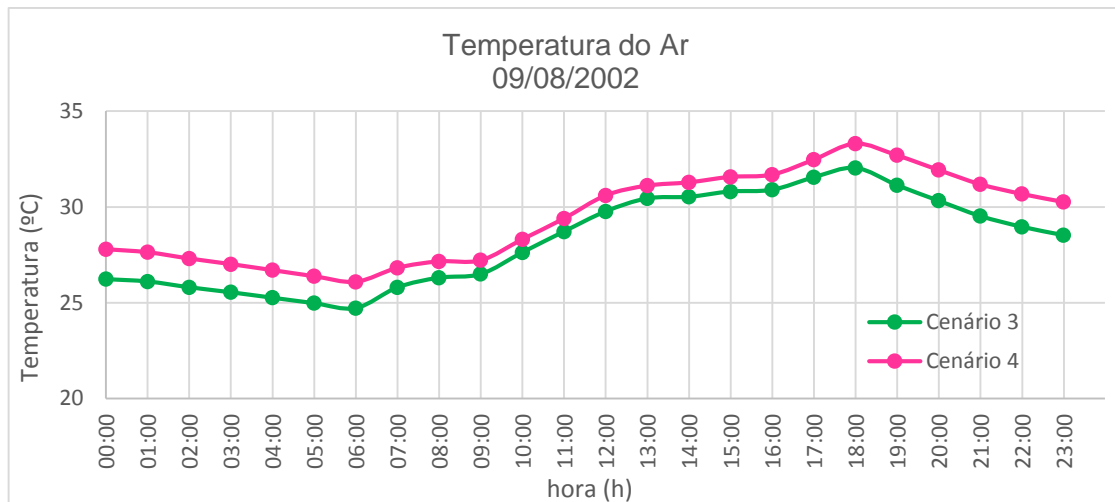


Figura 3.25 – Gráfico da temperatura do ar obtida no edifício nos cenários 3 e 4.

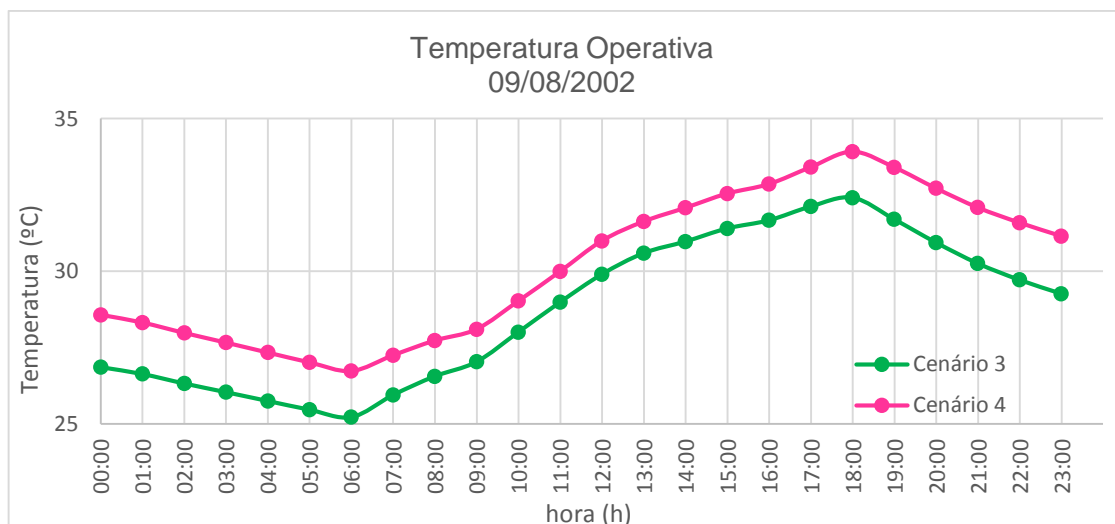


Figura 3.26 – Gráfico da temperatura operativa obtida no edifício nos cenários 3 e 4.

A figura 3.27 apresenta o gráfico com as diferenças de temperaturas entre os dois cenários. Como se pode ver neste gráfico, a maior diferença ocorre nos valores de temperatura radiante, ultrapassando os 2.25°C. A aplicação da tinta com alta refletância nas paredes exteriores do edifício (cenário 3) permite diminuir a temperatura do ar no interior do edifício até, aproximadamente, de 2°C. No entanto, mais uma vez, verifica-se que a aplicação da tinta apresenta um maior impacto nas temperaturas do edifício nas horas em que se registam as menores temperaturas, e menor impacto nas horas em que se atinge maiores temperaturas.

Comparando a figura 3.27 com a figura 3.22, verifica-se que a tinta tem um efeito mais significativo quando é aplicada em paredes simples (cenário 3) do que quando é aplicada em paredes duplas (cenário 1).

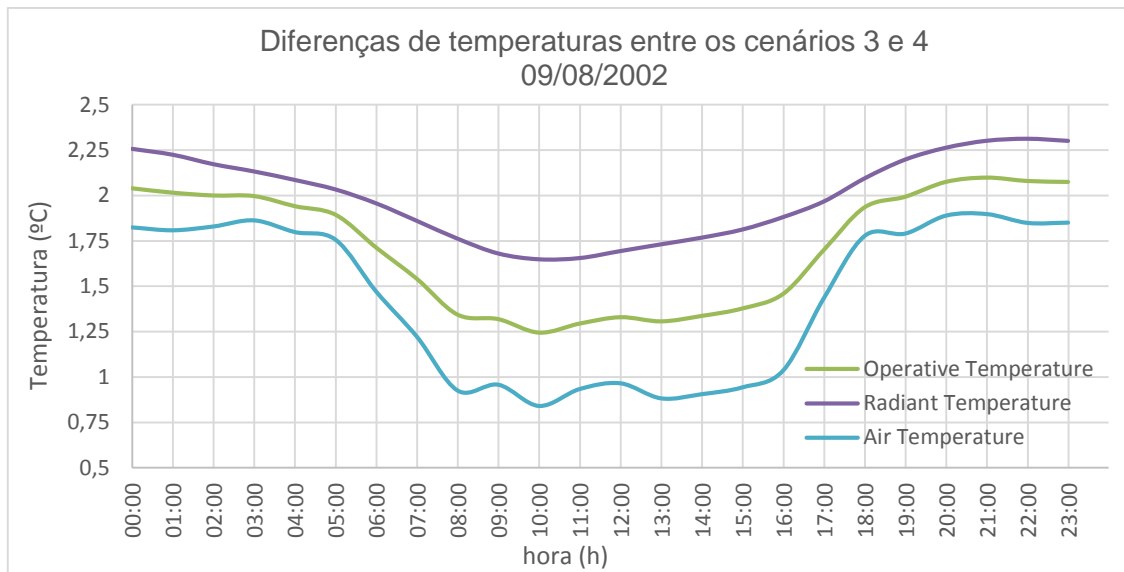


Figura 3.27 – Gráfico das diferenças de temperaturas obtidas no edifício entre os cenários 3 e 4.

A figura 3.28 apresenta o gráfico com a temperatura superficial exterior obtida numa parede exterior do edifício nos cenários 3 e 4. Neste gráfico pode-se observar que as diferenças de temperatura registada entre os dois cenários é maior nas horas de maior incidência solar, superando os 15°C, tal como se verificou na figura 3.23. Mais uma vez, refere-se que esta situação já era expectável, uma vez que a alta refletância da tinta usada no cenário 3 impede que a superfície da parede atinja temperaturas tão elevadas comparadas com o cenário 4.

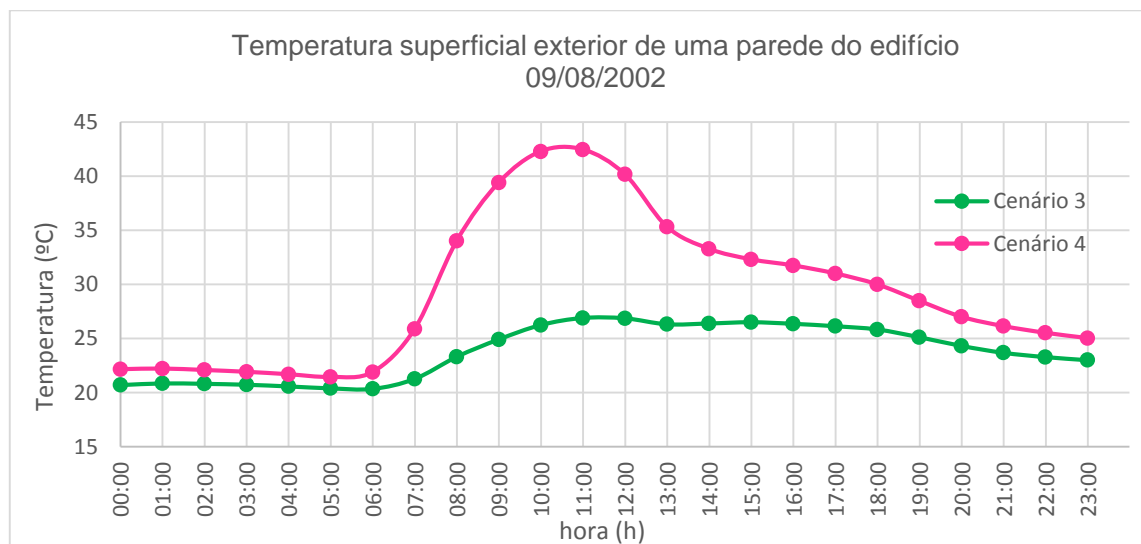


Figura 3.28 – Gráfico da temperatura superficial exterior de uma parede do edifício obtida nos cenários 3 e 4.

## 3.5.3. COMPARAÇÃO DOS CENÁRIOS 2 E 5

Nas figuras 3.29, 3.30 e 3.31 são apresentados os gráficos com os valores da temperatura radiante, da temperatura do ar e da temperatura operativa, respetivamente, registadas no edifício nos cenários 2 e 5. Como se pode ver nas figuras, as temperaturas atingidas no cenário 2 são sempre superiores às temperaturas atingidas no cenário 5. Ou seja, no cenário em que não se aplicou a tinta com alta refletância (cenário 2) o edifício atinge temperaturas superiores em relação ao cenário em que se aplicou a tinta tanto nas paredes exteriores como na cobertura (cenário 5).

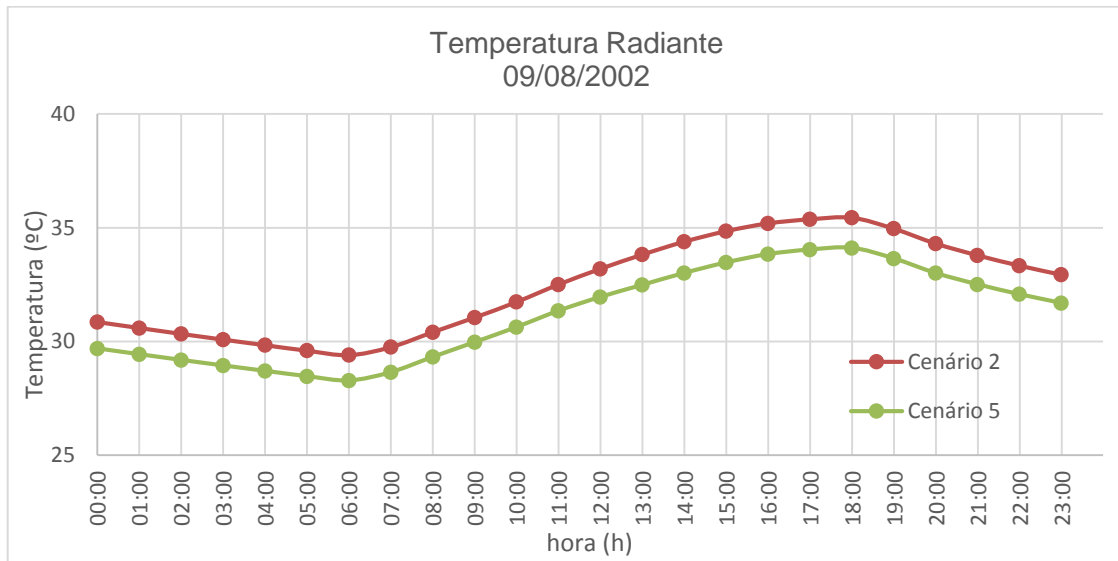


Figura 3.29 – Gráfico da temperatura radiante obtida no edifício nos cenários 2 e 5.

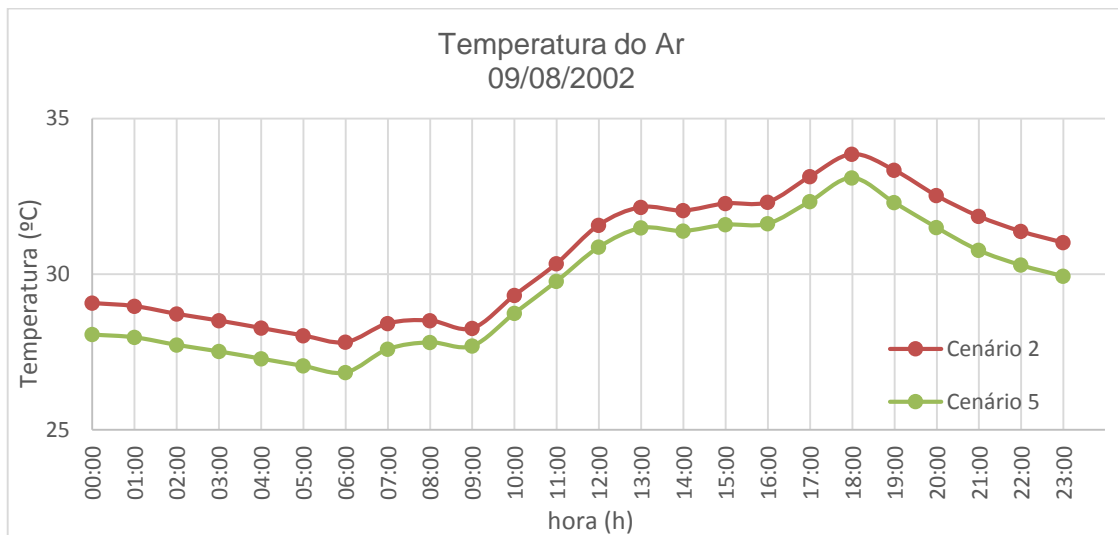


Figura 3.30 – Gráfico da temperatura do ar obtida no edifício nos cenários 2 e 5.

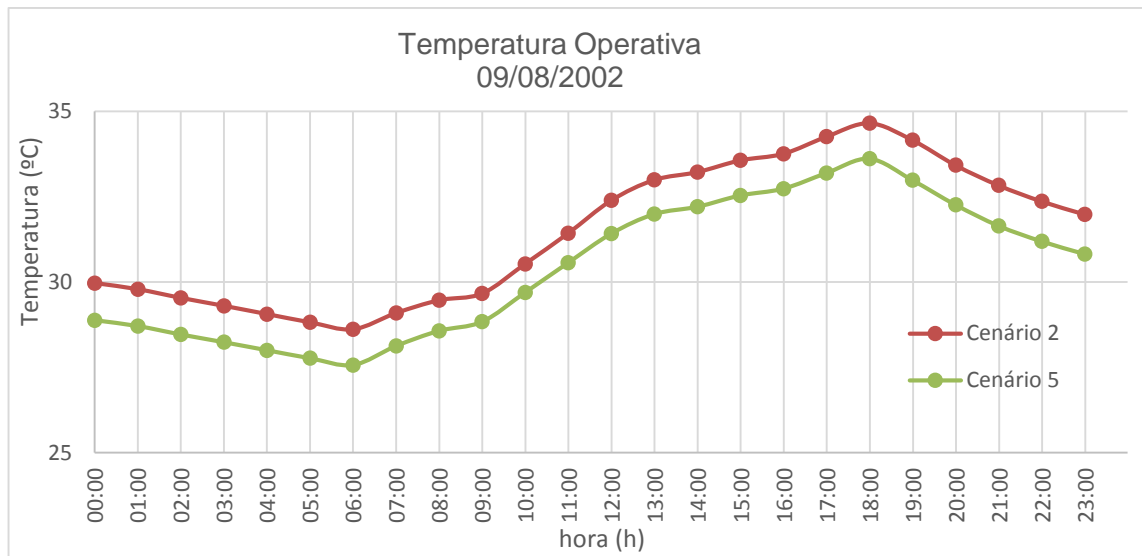


Figura 3.31 – Gráfico da temperatura operativa obtida no edifício nos cenários 2 e 5.

A figura 3.32 apresenta o gráfico com as diferenças de temperaturas entre os dois cenários. Neste gráfico, pode-se verificar que aplicação da tinta com alta refletância nas paredes exteriores e na cobertura do edifício (cenário 5) permite diminuir a temperatura do ar no interior do edifício até, aproximadamente, de 1°C.

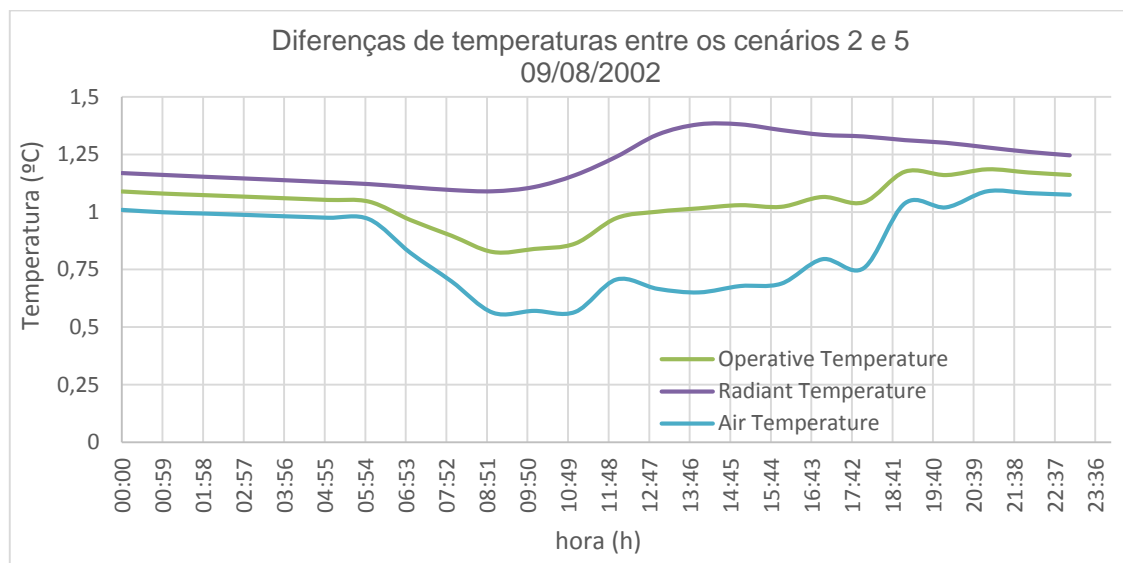


Figura 3.32 – Gráfico das diferenças de temperaturas obtidas no edifício entre os cenários 2 e 5.

A maior diferença continua a ser registada nos valores de temperatura radiante, chegando quase a 1,5°C, no entanto, ao contrário do que aconteceu nos gráficos das figuras 3.22.e 3.27, a aplicação da tinta apresenta maior impacto na temperatura radiante do edifício durante as horas em que se atinge maiores temperaturas. Este fenómeno pode ser explicado pelo seguinte facto, as horas em que se atingem maiores temperaturas correspondem às horas do dia em que o sol está mais “alto”, logo a superfície sujeita a

maior radiação solar é a cobertura. Deste modo, deduz-se que a aplicação da tinta com alta refletância nas paredes exteriores influencia mais as temperaturas durante as horas do dia em que o sol está mais “baixo”, enquanto que a sua aplicação na cobertura influencia mais nas horas em que o sol está mais “alto”.



# 4

## CONCLUSÃO

### 4.1. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a elaboração deste trabalho pode-se concluir que a utilização de tintas com alta refletância na construção pode ser considerada de facto uma solução muito vantajosa a vários níveis. No entanto, a propaganda que as marcas de tintas fazem a este produto podem estar a sobrevalorizar as suas capacidades.

No segundo capítulo referiu-se que a radiação solar desempenha um papel muito importante no conforto térmico dos edifícios, e concluiu-se que as tintas com alta refletância têm a capacidade de refletir e emitir o calor do sol de volta para o céu em vez de o transmitir para o interior do edifício. Esta capacidade de rejeitar o calor do sol deve-se à incorporação de “*cool pigments*” na composição das tintas, conferindo-lhes três características especiais, alta refletância térmica, alta emitância de infra vermelhos e alto índice de refletância solar. Portanto, estas propriedades são as mais importantes a considerar numa tinta com alta refletância.

Existem algumas organizações, nomeadamente a CRRC, que fornecem alguma informação sobre este tipo de produtos e desenvolve sistemas de etiquetagem, e existem também documentos que definem os requisitos mínimos que as tintas devem possuir para que sejam “consideradas” tintas com alta refletância.

Estas apresentam vantagens sob o ponto de vista económico e ambiental, pois permitem reduzir as necessidades de climatização artificial num edifício durante a estação de arrefecimento. O parâmetro mais importante a ter em consideração nas tintas, sob o ponto de vista ambiental, é a quantidade de emissão de VOCs, pois estes gases são nocivos para o ser humano e para o meio ambiente. Já existem diretivas que determinam o valor máximo de VOCs que uma tinta pode ter. As tintas que apresentam maiores vantagens para o meio ambiente podem ser etiquetadas com rótulos ecológicos, de modo a serem mais facilmente identificadas pelo público.

Na análise de desempenho da aplicação de uma tinta com alta refletância na envolvente exterior de um edifício, desenvolvida no capítulo três, através da simulação da aplicação de uma tinta com essas características a um edifício fictício, no programa DesignBuilder, permitiu obter resultados muito interessantes:

- A aplicação da tinta com alta refletância na superfície exterior das paredes exteriores de um edifício, exerce influência nas suas temperaturas interiores (principalmente na temperatura radiante), na medida em que as mantém mais baixas. No entanto, esse impacto nas temperaturas não é muito elevado. O maior impacto da aplicação da tinta ocorre nas temperaturas superficiais



das paredes exteriores, apresentando uma diferença superior a 15°C na diminuição da temperatura quando comparada com a situação que não se utiliza esta tinta;

- A influência da aplicação da tinta com alta refletância, nas paredes exteriores, nas temperaturas interiores de um edifício é maior quando este é constituído por paredes exteriores simples (fracamente isoladas) do que quando é constituído por paredes exteriores duplas (fortemente isoladas). No caso de paredes simples a aplicação da tinta possibilitou uma diminuição da temperatura que ultrapassou os 2°C, enquanto que no caso das paredes duplas esta diminuição de temperatura não chegou a 1°C. Perante esta situação, deduz-se que quanto melhor são as características de isolamento térmico de uma parede, menor será o impacto da aplicação da tinta na temperatura do edifício;
- Quando se simula a aplicação da tinta também na cobertura (além das paredes), no caso das paredes exteriores serem duplas, verifica-se uma influência ainda maior nas temperaturas interiores do edifício. Neste cenário, registou-se uma diminuição de temperatura de aproximadamente 1,25°C;
- Verificou-se que a aplicação da tinta nas paredes exteriores exerce maior influência nas temperaturas do edifício nas horas de menor calor, enquanto que a aplicação da tinta na cobertura exerce maior influência nas horas de maior calor. Este fenómeno pode ser explicado pelo seguinte facto, as horas de maior calor correspondem às horas do dia em que o sol está mais “alto”, logo a superfície sujeita a maior radiação solar é a cobertura. Ou seja, a aplicação da tinta com alta refletância nas paredes exteriores tem maior influência na temperatura durante as horas do dia em que o sol está mais “baixo”, enquanto que a sua aplicação na cobertura tem maior influência nas horas em que o sol está mais “alto”.
- Nos cenários simulados, a aplicação da tinta com alta refletância não permitiu uma diminuição muito grande de temperaturas, apenas aproximadamente 2°C, estando este valor bem longe do valor apresentado na publicidade da tinta, que era de 15°C. No entanto, esta influência de 2°C pode fazer diferença no conforto térmico de um edifício, pois o corpo do ser humano é sensível até às pequenas variações de temperatura. A publicidade da tinta não indica em que condições é que obteve esta diferença de 15°C, logo os valores obtidos nos cenários simulados, para o clima do Porto, não podem ser comparados com este valor. Presume-se que essas diferenças de temperatura mais elevadas terão sido obtidas em condições excecionais em países de clima muito quente e radiação solar intensa e para envolventes muito pouco isoladas termicamente.

Em suma, conclui-se que os objetivos pretendidos na elaboração deste documento foram alcançados.

#### **4.2. PROPOSTAS DE DESENVOLVIMENTO FUTURO**

Após abordar o tema da influência das tintas com alta refletância no conforto térmico de um edifício, considera-se que no futuro as seguintes propostas seriam interessantes:

- Fazer uma análise do ciclo de vida de uma tinta com alta refletância;
- Simular a aplicação das tintas com alta refletância em cenários diferentes do aqui apresentado (edifícios diferentes, países diferentes, períodos de tempo diferentes, ou até simular um edifício real conhecido).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Torgal, F., Jalali, S. *Seleção de materiais de construção eco-eficientes. Parte 1*. 16/maio/2011, Associação de Jovens Empresários.
- [2] [www.quercus.pt/images/PDF/QA/QA44.pdf](http://www.quercus.pt/images/PDF/QA/QA44.pdf). Julho de 2014.
- [3] <http://www.adeporto.eu/fotos/editor2/matriztotal.pdf>. Julho de 2014.
- [4] [http://www.ecocasa.pt/energia\\_content.php?id=11](http://www.ecocasa.pt/energia_content.php?id=11). Julho de 2014.
- [5] <http://www.lneg.pt/download/4117/Conceitos%20Bioclim%C3%A1ticos.pdf>. Julho de 2014.
- [6] [http://www.infopedia.pt/\\$radiacao-solar;jsessionid=sIPThYaZJrB5cbfqKHtSIQ\\_\\_](http://www.infopedia.pt/$radiacao-solar;jsessionid=sIPThYaZJrB5cbfqKHtSIQ__). Julho de 2014.
- [7] <http://uvifusp.wordpress.com/o-que-e-a-radiacao-ultra-violeta/>. Julho de 2014.
- [8] Costa, A., Pina dos Santos, C. *Avaliação de produtos de alta refletância na reabilitação de coberturas planas. Estudo experimental*. Congresso Luso-Brasileiro de Materiais de Construção Sustentáveis, CLB - MCS Proceedings. Guimarães (Portugal), Março de 2014.
- [9] <http://www.ecocasa.pt/userfiles/file/TINTAS.pdf>. Julho de 2014.
- [10] [http://energy.lbl.gov/coolroof/ref\\_01.htm](http://energy.lbl.gov/coolroof/ref_01.htm). Julho de 2014.
- [11] Dias, D. *Radiation Control Coatings*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 2008.
- [12] <http://www.solartex.com.au/Foilboard.asp?ProductID=18>. Julho de 2014.
- [13] <http://coolroofs.org/resources/leed>. Julho de 2014.
- [14] <http://repositorio.lneg.pt/bitstream/10400.9/1443/1/Construcao%20Sustentavel.pdf>. Julho de 2014.
- [15] Bragança, L., Mateus, R. *Avaliação do ciclo de vida dos edifícios - impacto ambiental de soluções construtivas*. Impresso em Portugal por Multicomp. Setembro de 2011.
- [16] [http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=OJ:JOL\\_2014\\_164\\_R\\_0010](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=OJ:JOL_2014_164_R_0010). Julho de 2014.
- [17] [http://alt.euecolabel.eu/display/cid/\\_13.html](http://alt.euecolabel.eu/display/cid/_13.html). Julho de 2014.
- [18] <http://www.shieldcoat.com.au/our-story>. Julho de 2014.
- [19] <http://www.solartex.com.au/Foilboard.asp?ProductID=18>. Julho de 2014.
- [20] <http://www.solartex.com.au/Foilboard.asp?ProductID=1>. Julho de 2014.
- [21] <http://www.natural-works.com/db/introducao>. Julho de 2014.
- [22] <http://www.natural-works.com/energyplus/training.php>. Julho de 2014.







# ANEXOS



**A1**

**LIMITES DE TEOR DE VOC DA  
DIRETIVA 2004/42/CE**





Quadro 3

Limites do teor de COV e de COSV

Descrição do produto (denominação da subcategoria de acordo com a Diretiva 2004/42/CE)	Limites de COV (g/l, incluindo água)	Limites de COSV (g/l, incluindo água)
a) Paredes e tetos interiores de tom mate (brilho < 25 a 60°)	10	30 <sup>(1)</sup> /40 <sup>(2)</sup>
b) Paredes e tetos interiores brilhantes (brilho > 25 a 60°)	40	30 <sup>(1)</sup> /40 <sup>(2)</sup>
c) Paredes exteriores de substrato mineral	25	40
d) Tintas para remates e painéis interiores/exteriores de madeira ou metal	80	50 <sup>(1)</sup> /60 <sup>(2)</sup>
e) Vernizes e lasures para remates interiores, incluindo lasures opacas	65	30
e) Vernizes e lasures para remates exteriores, incluindo lasures opacas	75	60
f) Lasures com poder de enchimento mínimo para interiores e exteriores	50	30 <sup>(1)</sup> /40 <sup>(2)</sup>
g) Primários	15	30 <sup>(1)</sup> /40 <sup>(2)</sup>
h) Primários fixadores	15	30 <sup>(1)</sup> /40 <sup>(2)</sup>
i) Produtos de revestimento de alto desempenho mono-componente	80	50 <sup>(1)</sup> /60 <sup>(2)</sup>
j) Produtos de revestimento reativos de alto desempenho bicomponente para utilizações finais específicas, nomeadamente em pavimentos	80	50 <sup>(1)</sup> /60 <sup>(2)</sup>
l) Produtos de revestimento de efeito decorativo	80	50 <sup>(1)</sup> /60 <sup>(2)</sup>
Tintas anti-ferrugem	80	60

<sup>(1)</sup> Tintas e vernizes brancos para interiores  
<sup>(2)</sup> Tintas com cores afinadas para interiores/tintas e vernizes para exteriores



# A2

## RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES



**Resultados da simulação do edifício no cenário 1**

Date/Time	Air Temperature	Radiant Temperature	Operative Temperature
	°C	°C	°C
05/08/2002 01:00	29,085	31,323	30,204
05/08/2002 02:00	28,102	30,736	29,419
05/08/2002 03:00	27,843	30,304	29,074
05/08/2002 04:00	27,848	29,976	28,912
05/08/2002 05:00	27,503	29,646	28,574
05/08/2002 06:00	27,255	29,370	28,312
05/08/2002 07:00	27,579	29,673	28,626
05/08/2002 08:00	27,798	30,276	29,037
05/08/2002 09:00	27,970	30,940	29,455
05/08/2002 10:00	28,955	31,650	30,303
05/08/2002 11:00	29,874	32,342	31,108
05/08/2002 12:00	30,962	32,939	31,950
05/08/2002 13:00	31,301	33,469	32,385
05/08/2002 14:00	30,816	33,951	32,383
05/08/2002 15:00	30,684	34,331	32,507
05/08/2002 16:00	30,540	34,491	32,516
05/08/2002 17:00	31,562	34,471	33,017
05/08/2002 18:00	32,583	34,483	33,533
05/08/2002 19:00	32,378	34,127	33,252
05/08/2002 20:00	31,535	33,483	32,509
05/08/2002 21:00	31,294	33,025	32,159
05/08/2002 22:00	31,153	32,674	31,913
05/08/2002 23:00	30,699	32,315	31,507
06/08/2002	30,305	31,961	31,133
06/08/2002 01:00	29,962	31,627	30,794
06/08/2002 02:00	29,668	31,313	30,490
06/08/2002 03:00	29,381	31,016	30,198
06/08/2002 04:00	29,104	30,730	29,917
06/08/2002 05:00	28,844	30,456	29,650
06/08/2002 06:00	28,616	30,240	29,428
06/08/2002 07:00	29,049	30,576	29,813
06/08/2002 08:00	28,728	31,124	29,926
06/08/2002 09:00	27,949	31,614	29,782
06/08/2002 10:00	28,758	32,088	30,423
06/08/2002 11:00	29,135	32,616	30,876
06/08/2002 12:00	29,623	32,981	31,302
06/08/2002 13:00	29,829	33,324	31,577
06/08/2002 14:00	29,599	33,698	31,648
06/08/2002 15:00	29,848	33,997	31,922
06/08/2002 16:00	30,149	34,276	32,212

06/08/2002 17:00	31,184	34,412	32,798
06/08/2002 18:00	31,820	34,424	33,122
06/08/2002 19:00	31,587	33,879	32,733
06/08/2002 20:00	30,814	33,184	31,999
06/08/2002 21:00	30,161	32,624	31,393
06/08/2002 22:00	29,681	32,135	30,908
06/08/2002 23:00	29,325	31,711	30,518
07/08/2002	28,999	31,323	30,161
07/08/2002 01:00	28,694	30,961	29,827
07/08/2002 02:00	28,390	30,618	29,504
07/08/2002 03:00	28,103	30,291	29,197
07/08/2002 04:00	27,792	29,977	28,885
07/08/2002 05:00	27,513	29,677	28,595
07/08/2002 06:00	27,297	29,405	28,351
07/08/2002 07:00	27,235	29,474	28,355
07/08/2002 08:00	26,436	29,539	27,987
07/08/2002 09:00	25,124	29,521	27,322
07/08/2002 10:00	25,242	29,497	27,370
07/08/2002 11:00	25,585	29,616	27,600
07/08/2002 12:00	26,473	29,899	28,186
07/08/2002 13:00	27,200	30,595	28,898
07/08/2002 14:00	27,274	31,207	29,240
07/08/2002 15:00	27,741	31,661	29,701
07/08/2002 16:00	27,854	31,991	29,922
07/08/2002 17:00	28,845	32,133	30,489
07/08/2002 18:00	29,807	32,179	30,993
07/08/2002 19:00	29,619	31,709	30,664
07/08/2002 20:00	28,909	31,072	29,990
07/08/2002 21:00	28,355	30,569	29,462
07/08/2002 22:00	27,900	30,134	29,017
07/08/2002 23:00	27,518	29,730	28,624
08/08/2002	27,148	29,348	28,248
08/08/2002 01:00	26,789	28,977	27,883
08/08/2002 02:00	26,429	28,616	27,523
08/08/2002 03:00	26,078	28,265	27,171
08/08/2002 04:00	25,617	27,901	26,759
08/08/2002 05:00	25,065	27,514	26,289
08/08/2002 06:00	24,879	27,215	26,047
08/08/2002 07:00	25,163	27,501	26,332
08/08/2002 08:00	25,025	28,042	26,534
08/08/2002 09:00	25,018	28,627	26,823
08/08/2002 10:00	26,137	29,309	27,723
08/08/2002 11:00	27,188	29,999	28,594

08/08/2002 12:00	28,562	30,615	29,588
08/08/2002 13:00	29,284	31,201	30,242
08/08/2002 14:00	29,571	31,800	30,686
08/08/2002 15:00	30,087	32,342	31,215
08/08/2002 16:00	30,248	32,767	31,507
08/08/2002 17:00	31,065	32,978	32,022
08/08/2002 18:00	31,690	33,064	32,377
08/08/2002 19:00	31,048	32,589	31,819
08/08/2002 20:00	30,252	31,945	31,099
08/08/2002 21:00	29,615	31,442	30,528
08/08/2002 22:00	29,116	30,998	30,057
08/08/2002 23:00	28,705	30,600	29,653
09/08/2002	28,565	30,276	29,420
09/08/2002 01:00	28,460	30,003	29,232
09/08/2002 02:00	28,202	29,736	28,969
09/08/2002 03:00	27,981	29,477	28,729
09/08/2002 04:00	27,736	29,225	28,481
09/08/2002 05:00	27,491	28,978	28,235
09/08/2002 06:00	27,272	28,779	28,026
09/08/2002 07:00	27,950	29,132	28,541
09/08/2002 08:00	28,114	29,802	28,958
09/08/2002 09:00	27,933	30,466	29,199
09/08/2002 10:00	29,010	31,170	30,090
09/08/2002 11:00	30,054	31,952	31,003
09/08/2002 12:00	31,292	32,650	31,971
09/08/2002 13:00	31,873	33,283	32,578
09/08/2002 14:00	31,790	33,861	32,825
09/08/2002 15:00	32,010	34,337	33,173
09/08/2002 16:00	32,047	34,686	33,366
09/08/2002 17:00	32,828	34,867	33,847
09/08/2002 18:00	33,652	34,928	34,290
09/08/2002 19:00	33,023	34,442	33,733
09/08/2002 20:00	32,177	33,779	32,978
09/08/2002 21:00	31,393	33,242	32,318
09/08/2002 22:00	30,894	32,775	31,835
09/08/2002 23:00	30,515	32,361	31,438
10/08/2002	30,164	31,980	31,072
10/08/2002 01:00	29,805	31,619	30,712
10/08/2002 02:00	29,448	31,273	30,360
10/08/2002 03:00	29,102	30,937	30,020
10/08/2002 04:00	28,764	30,611	29,688
10/08/2002 05:00	28,442	30,295	29,368
10/08/2002 06:00	28,146	30,030	29,088



10/08/2002 07:00	28,293	30,042	29,167
10/08/2002 08:00	29,014	30,472	29,743
10/08/2002 09:00	29,902	31,108	30,505
10/08/2002 10:00	30,786	31,812	31,299
10/08/2002 11:00	31,547	32,456	32,001
10/08/2002 12:00	32,175	32,955	32,565
10/08/2002 13:00	32,660	33,428	33,044
10/08/2002 14:00	33,100	33,928	33,514
10/08/2002 15:00	33,560	34,416	33,988
10/08/2002 16:00	33,941	34,798	34,369
10/08/2002 17:00	34,160	34,998	34,579
10/08/2002 18:00	33,976	34,944	34,460
10/08/2002 19:00	33,489	34,582	34,036
10/08/2002 20:00	32,993	34,075	33,534
10/08/2002 21:00	32,542	33,689	33,115
10/08/2002 22:00	31,805	33,276	32,541
10/08/2002 23:00	31,232	32,869	32,050
11/08/2002	31,204	32,569	31,887
11/08/2002 01:00	30,926	32,289	31,608
11/08/2002 02:00	30,484	31,986	31,235
11/08/2002 03:00	30,067	31,676	30,871
11/08/2002 04:00	29,283	31,271	30,277
11/08/2002 05:00	28,751	30,846	29,799
11/08/2002 06:00	28,501	30,570	29,536
11/08/2002 07:00	28,613	30,548	29,581
11/08/2002 08:00	29,042	30,902	29,972
11/08/2002 09:00	29,707	31,452	30,580
11/08/2002 10:00	30,467	32,099	31,283
11/08/2002 11:00	31,144	32,684	31,914
11/08/2002 12:00	31,634	33,126	32,380
11/08/2002 13:00	31,845	33,486	32,665
11/08/2002 14:00	32,164	33,888	33,026
11/08/2002 15:00	32,874	34,348	33,611
11/08/2002 16:00	33,226	34,689	33,957
11/08/2002 17:00	33,204	34,786	33,995
11/08/2002 18:00	32,966	34,643	33,804
11/08/2002 19:00	32,306	34,175	33,240
11/08/2002 20:00	31,330	33,498	32,414
11/08/2002 21:00	30,424	32,894	31,659
11/08/2002 22:00	29,727	32,326	31,026
11/08/2002 23:00	29,155	31,800	30,477
12/08/2002	28,853	31,342	30,097

**Resultados da simulação do edifício no cenário 2**

Date/Time	Air Temperature	Radiant Temperature	Operative Temperature
	°C	°C	°C
05/08/2002 01:00	29,778	32,008	30,893
05/08/2002 02:00	28,744	31,437	30,091
05/08/2002 03:00	28,468	31,012	29,740
05/08/2002 04:00	28,481	30,692	29,586
05/08/2002 05:00	28,140	30,369	29,254
05/08/2002 06:00	27,897	30,099	28,998
05/08/2002 07:00	28,152	30,401	29,276
05/08/2002 08:00	28,291	30,991	29,641
05/08/2002 09:00	28,371	31,632	30,002
05/08/2002 10:00	29,327	32,317	30,822
05/08/2002 11:00	30,228	32,989	31,608
05/08/2002 12:00	31,326	33,573	32,450
05/08/2002 13:00	31,658	34,094	32,876
05/08/2002 14:00	31,154	34,563	32,859
05/08/2002 15:00	31,025	34,927	32,976
05/08/2002 16:00	30,880	35,077	32,978
05/08/2002 17:00	31,958	35,055	33,507
05/08/2002 18:00	33,011	35,077	34,044
05/08/2002 19:00	32,869	34,735	33,802
05/08/2002 20:00	32,074	34,110	33,092
05/08/2002 21:00	31,847	33,668	32,757
05/08/2002 22:00	31,717	33,331	32,524
05/08/2002 23:00	31,279	32,987	32,133
06/08/2002	30,900	32,645	31,773
06/08/2002 01:00	30,569	32,324	31,446
06/08/2002 02:00	30,285	32,021	31,153
06/08/2002 03:00	30,007	31,734	30,870
06/08/2002 04:00	29,739	31,457	30,598
06/08/2002 05:00	29,485	31,191	30,338
06/08/2002 06:00	29,262	30,980	30,121
06/08/2002 07:00	29,561	31,309	30,435
06/08/2002 08:00	29,237	31,842	30,540
06/08/2002 09:00	28,352	32,311	30,332
06/08/2002 10:00	29,147	32,757	30,952
06/08/2002 11:00	29,508	33,266	31,387
06/08/2002 12:00	30,022	33,617	31,819
06/08/2002 13:00	30,222	33,950	32,086
06/08/2002 14:00	29,931	34,302	32,116
06/08/2002 15:00	30,199	34,585	32,392

06/08/2002 16:00	30,487	34,854	32,671
06/08/2002 17:00	31,589	34,988	33,288
06/08/2002 18:00	32,258	35,008	33,633
06/08/2002 19:00	32,089	34,476	33,282
06/08/2002 20:00	31,349	33,798	32,574
06/08/2002 21:00	30,711	33,252	31,982
06/08/2002 22:00	30,245	32,776	31,510
06/08/2002 23:00	29,901	32,364	31,132
07/08/2002	29,586	31,988	30,787
07/08/2002 01:00	29,290	31,637	30,463
07/08/2002 02:00	28,994	31,303	30,149
07/08/2002 03:00	28,714	30,985	29,850
07/08/2002 04:00	28,410	30,678	29,544
07/08/2002 05:00	28,137	30,384	29,261
07/08/2002 06:00	27,924	30,118	29,021
07/08/2002 07:00	27,787	30,185	28,986
07/08/2002 08:00	26,924	30,235	28,580
07/08/2002 09:00	25,532	30,193	27,863
07/08/2002 10:00	25,634	30,143	27,889
07/08/2002 11:00	25,957	30,242	28,100
07/08/2002 12:00	26,860	30,509	28,685
07/08/2002 13:00	27,577	31,192	29,385
07/08/2002 14:00	27,614	31,788	29,701
07/08/2002 15:00	28,072	32,224	30,148
07/08/2002 16:00	28,176	32,540	30,358
07/08/2002 17:00	29,214	32,675	30,944
07/08/2002 18:00	30,093	32,725	31,409
07/08/2002 19:00	29,969	32,242	31,106
07/08/2002 20:00	29,420	31,630	30,525
07/08/2002 21:00	28,853	31,134	29,993
07/08/2002 22:00	28,408	30,710	29,559
07/08/2002 23:00	28,032	30,316	29,174
08/08/2002	27,673	29,944	28,808
08/08/2002 01:00	27,321	29,582	28,452
08/08/2002 02:00	26,968	29,228	28,098
08/08/2002 03:00	26,622	28,884	27,753
08/08/2002 04:00	26,167	28,525	27,346
08/08/2002 05:00	25,620	28,142	26,881
08/08/2002 06:00	25,437	27,847	26,642
08/08/2002 07:00	25,660	28,130	26,895
08/08/2002 08:00	25,451	28,657	27,054
08/08/2002 09:00	25,368	29,220	27,294
08/08/2002 10:00	26,464	29,878	28,171

08/08/2002 11:00	27,497	30,551	29,024
08/08/2002 12:00	28,875	31,155	30,015
08/08/2002 13:00	29,584	31,732	30,658
08/08/2002 14:00	29,841	32,321	31,081
08/08/2002 15:00	30,351	32,852	31,601
08/08/2002 16:00	30,510	33,268	31,889
08/08/2002 17:00	31,372	33,479	32,425
08/08/2002 18:00	32,029	33,572	32,800
08/08/2002 19:00	31,452	33,109	32,281
08/08/2002 20:00	30,703	32,482	31,592
08/08/2002 21:00	30,085	31,991	31,038
08/08/2002 22:00	29,602	31,561	30,581
08/08/2002 23:00	29,203	31,174	30,188
09/08/2002	29,072	30,860	29,966
09/08/2002 01:00	28,975	30,598	29,786
09/08/2002 02:00	28,725	30,339	29,532
09/08/2002 03:00	28,510	30,088	29,299
09/08/2002 04:00	28,272	29,843	29,057
09/08/2002 05:00	28,032	29,602	28,817
09/08/2002 06:00	27,817	29,407	28,612
09/08/2002 07:00	28,418	29,758	29,088
09/08/2002 08:00	28,513	30,414	29,463
09/08/2002 09:00	28,262	31,058	29,660
09/08/2002 10:00	29,318	31,740	30,529
09/08/2002 11:00	30,340	32,507	31,424
09/08/2002 12:00	31,578	33,194	32,386
09/08/2002 13:00	32,153	33,820	32,987
09/08/2002 14:00	32,043	34,388	33,216
09/08/2002 15:00	32,273	34,850	33,561
09/08/2002 16:00	32,313	35,192	33,753
09/08/2002 17:00	33,131	35,372	34,252
09/08/2002 18:00	33,854	35,442	34,648
09/08/2002 19:00	33,345	34,960	34,153
09/08/2002 20:00	32,527	34,308	33,418
09/08/2002 21:00	31,864	33,791	32,827
09/08/2002 22:00	31,378	33,337	32,358
09/08/2002 23:00	31,016	32,937	31,977
10/08/2002	30,677	32,569	31,623
10/08/2002 01:00	30,330	32,220	31,275
10/08/2002 02:00	29,983	31,883	30,933
10/08/2002 03:00	29,646	31,557	30,601
10/08/2002 04:00	29,315	31,239	30,277
10/08/2002 05:00	28,998	30,930	29,964

10/08/2002 06:00	28,707	30,670	29,688
10/08/2002 07:00	28,857	30,685	29,771
10/08/2002 08:00	29,575	31,117	30,346
10/08/2002 09:00	30,454	31,755	31,105
10/08/2002 10:00	31,319	32,461	31,890
10/08/2002 11:00	32,065	33,103	32,584
10/08/2002 12:00	32,698	33,603	33,151
10/08/2002 13:00	33,193	34,079	33,636
10/08/2002 14:00	33,641	34,580	34,110
10/08/2002 15:00	34,108	35,070	34,589
10/08/2002 16:00	34,494	35,455	34,975
10/08/2002 17:00	34,719	35,660	35,190
10/08/2002 18:00	34,537	35,613	35,075
10/08/2002 19:00	34,114	35,259	34,687
10/08/2002 20:00	33,623	34,765	34,194
10/08/2002 21:00	33,124	34,388	33,756
10/08/2002 22:00	32,406	33,982	33,194
10/08/2002 23:00	31,852	33,584	32,718
11/08/2002	31,828	33,293	32,560
11/08/2002 01:00	31,556	33,020	32,288
11/08/2002 02:00	31,125	32,726	31,925
11/08/2002 03:00	30,716	32,421	31,569
11/08/2002 04:00	29,939	32,021	30,980
11/08/2002 05:00	29,414	31,600	30,507
11/08/2002 06:00	29,168	31,327	30,248
11/08/2002 07:00	29,280	31,306	30,293
11/08/2002 08:00	29,706	31,660	30,683
11/08/2002 09:00	30,367	32,209	31,288
11/08/2002 10:00	31,117	32,856	31,986
11/08/2002 11:00	31,783	33,439	32,611
11/08/2002 12:00	32,266	33,876	33,071
11/08/2002 13:00	32,475	34,234	33,354
11/08/2002 14:00	32,794	34,636	33,715
11/08/2002 15:00	33,486	35,097	34,292
11/08/2002 16:00	33,832	35,439	34,636
11/08/2002 17:00	33,819	35,540	34,679
11/08/2002 18:00	33,600	35,402	34,501
11/08/2002 19:00	32,957	34,940	33,949
11/08/2002 20:00	32,002	34,272	33,137
11/08/2002 21:00	31,110	33,676	32,393
11/08/2002 22:00	30,424	33,116	31,770
11/08/2002 23:00	29,861	32,599	31,230
12/08/2002	29,566	32,148	30,857

**Resultados da simulação do edifício no cenário 3**

Date/Time	Air Temperature	Radiant Temperature	Operative Temperature
	°C	°C	°C
05/08/2002 01:00	27,002	28,745	27,873
05/08/2002 02:00	25,952	28,103	27,027
05/08/2002 03:00	25,570	27,616	26,593
05/08/2002 04:00	25,437	27,200	26,319
05/08/2002 05:00	25,034	26,777	25,906
05/08/2002 06:00	24,705	26,413	25,559
05/08/2002 07:00	25,317	26,676	25,997
05/08/2002 08:00	25,854	27,279	26,566
05/08/2002 09:00	26,397	27,998	27,197
05/08/2002 10:00	27,389	28,779	28,084
05/08/2002 11:00	28,465	29,535	29,000
05/08/2002 12:00	29,448	30,195	29,821
05/08/2002 13:00	29,801	30,784	30,293
05/08/2002 14:00	29,478	31,355	30,416
05/08/2002 15:00	29,372	31,833	30,603
05/08/2002 16:00	29,254	32,079	30,667
05/08/2002 17:00	30,066	32,112	31,089
05/08/2002 18:00	30,941	32,126	31,533
05/08/2002 19:00	30,450	31,734	31,092
05/08/2002 20:00	29,528	31,031	30,279
05/08/2002 21:00	29,227	30,532	29,879
05/08/2002 22:00	29,070	30,134	29,602
05/08/2002 23:00	28,634	29,728	29,181
06/08/2002	28,190	29,331	28,761
06/08/2002 01:00	27,715	28,954	28,334
06/08/2002 02:00	27,372	28,591	27,981
06/08/2002 03:00	27,042	28,246	27,644
06/08/2002 04:00	26,719	27,913	27,316
06/08/2002 05:00	26,419	27,593	27,006
06/08/2002 06:00	26,151	27,333	26,742
06/08/2002 07:00	26,953	27,671	27,312
06/08/2002 08:00	26,963	28,275	27,619
06/08/2002 09:00	26,455	28,851	27,653
06/08/2002 10:00	27,269	29,415	28,342
06/08/2002 11:00	27,739	30,006	28,872
06/08/2002 12:00	28,137	30,423	29,280
06/08/2002 13:00	28,364	30,803	29,584
06/08/2002 14:00	28,261	31,230	29,745
06/08/2002 15:00	28,533	31,591	30,062

06/08/2002 16:00	28,867	31,917	30,392
06/08/2002 17:00	29,699	32,073	30,886
06/08/2002 18:00	30,160	32,059	31,110
06/08/2002 19:00	29,593	31,443	30,518
06/08/2002 20:00	28,725	30,656	29,691
06/08/2002 21:00	27,956	30,012	28,984
06/08/2002 22:00	27,383	29,430	28,407
06/08/2002 23:00	26,936	28,914	27,925
07/08/2002	26,527	28,434	27,480
07/08/2002 01:00	26,144	27,982	27,063
07/08/2002 02:00	25,765	27,555	26,660
07/08/2002 03:00	25,409	27,149	26,279
07/08/2002 04:00	25,033	26,758	25,895
07/08/2002 05:00	24,688	26,386	25,537
07/08/2002 06:00	24,417	26,046	25,232
07/08/2002 07:00	24,701	26,087	25,394
07/08/2002 08:00	24,365	26,188	25,276
07/08/2002 09:00	24,111	26,297	25,204
07/08/2002 10:00	24,126	26,460	25,293
07/08/2002 11:00	24,167	26,672	25,420
07/08/2002 12:00	24,848	26,981	25,915
07/08/2002 13:00	25,513	27,709	26,611
07/08/2002 14:00	25,752	28,377	27,064
07/08/2002 15:00	26,253	28,904	27,579
07/08/2002 16:00	26,401	29,296	27,849
07/08/2002 17:00	27,280	29,474	28,377
07/08/2002 18:00	27,892	29,513	28,702
07/08/2002 19:00	27,340	28,963	28,151
07/08/2002 20:00	26,587	28,244	27,416
07/08/2002 21:00	25,938	27,665	26,801
07/08/2002 22:00	25,401	27,146	26,274
07/08/2002 23:00	24,926	26,659	25,793
08/08/2002	24,472	26,189	25,330
08/08/2002 01:00	24,031	25,732	24,881
08/08/2002 02:00	23,592	25,287	24,439
08/08/2002 03:00	23,166	24,855	24,010
08/08/2002 04:00	22,669	24,413	23,541
08/08/2002 05:00	22,000	23,943	22,972
08/08/2002 06:00	21,748	23,569	22,659
08/08/2002 07:00	23,297	23,899	23,598
08/08/2002 08:00	23,854	24,612	24,233
08/08/2002 09:00	24,047	25,361	24,704
08/08/2002 10:00	24,503	26,117	25,310

08/08/2002 11:00	25,567	26,845	26,206
08/08/2002 12:00	26,859	27,523	27,191
08/08/2002 13:00	27,562	28,168	27,865
08/08/2002 14:00	28,048	28,856	28,452
08/08/2002 15:00	28,614	29,513	29,063
08/08/2002 16:00	28,836	30,045	29,441
08/08/2002 17:00	29,363	30,337	29,850
08/08/2002 18:00	29,788	30,457	30,123
08/08/2002 19:00	28,876	29,968	29,422
08/08/2002 20:00	28,119	29,295	28,707
08/08/2002 21:00	27,403	28,766	28,084
08/08/2002 22:00	26,863	28,291	27,577
08/08/2002 23:00	26,402	27,853	27,128
09/08/2002	26,225	27,481	26,853
09/08/2002 01:00	26,102	27,156	26,629
09/08/2002 02:00	25,800	26,838	26,319
09/08/2002 03:00	25,537	26,532	26,034
09/08/2002 04:00	25,254	26,237	25,746
09/08/2002 05:00	24,970	25,951	25,461
09/08/2002 06:00	24,717	25,717	25,217
09/08/2002 07:00	25,796	26,086	25,941
09/08/2002 08:00	26,301	26,809	26,555
09/08/2002 09:00	26,492	27,567	27,030
09/08/2002 10:00	27,621	28,381	28,001
09/08/2002 11:00	28,712	29,253	28,983
09/08/2002 12:00	29,760	30,033	29,896
09/08/2002 13:00	30,441	30,737	30,589
09/08/2002 14:00	30,524	31,413	30,969
09/08/2002 15:00	30,802	31,995	31,398
09/08/2002 16:00	30,888	32,441	31,664
09/08/2002 17:00	31,544	32,690	32,117
09/08/2002 18:00	32,031	32,785	32,408
09/08/2002 19:00	31,131	32,265	31,698
09/08/2002 20:00	30,318	31,556	30,937
09/08/2002 21:00	29,521	30,985	30,253
09/08/2002 22:00	28,958	30,468	29,713
09/08/2002 23:00	28,521	30,000	29,261
10/08/2002	28,109	29,557	28,833
10/08/2002 01:00	27,689	29,131	28,410
10/08/2002 02:00	27,268	28,716	27,992
10/08/2002 03:00	26,859	28,313	27,586
10/08/2002 04:00	26,459	27,919	27,189
10/08/2002 05:00	26,076	27,536	26,806



10/08/2002 06:00	25,721	27,206	26,464
10/08/2002 07:00	25,832	27,161	26,496
10/08/2002 08:00	26,580	27,544	27,062
10/08/2002 09:00	27,479	28,149	27,814
10/08/2002 10:00	28,328	28,845	28,586
10/08/2002 11:00	29,046	29,497	29,272
10/08/2002 12:00	29,660	30,024	29,842
10/08/2002 13:00	30,169	30,546	30,358
10/08/2002 14:00	30,662	31,106	30,884
10/08/2002 15:00	31,183	31,667	31,425
10/08/2002 16:00	31,630	32,127	31,879
10/08/2002 17:00	31,919	32,404	32,161
10/08/2002 18:00	31,802	32,421	32,112
10/08/2002 19:00	31,388	32,115	31,751
10/08/2002 20:00	30,966	31,648	31,307
10/08/2002 21:00	30,568	31,292	30,930
10/08/2002 22:00	29,820	30,896	30,358
10/08/2002 23:00	29,237	30,496	29,866
11/08/2002	29,189	30,189	29,689
11/08/2002 01:00	28,903	29,886	29,394
11/08/2002 02:00	28,419	29,556	28,987
11/08/2002 03:00	27,960	29,212	28,586
11/08/2002 04:00	27,136	28,769	27,953
11/08/2002 05:00	26,546	28,297	27,422
11/08/2002 06:00	26,236	27,963	27,099
11/08/2002 07:00	26,303	27,880	27,092
11/08/2002 08:00	26,709	28,178	27,443
11/08/2002 09:00	27,391	28,676	28,034
11/08/2002 10:00	28,160	29,290	28,725
11/08/2002 11:00	28,814	29,855	29,334
11/08/2002 12:00	29,279	30,286	29,783
11/08/2002 13:00	29,484	30,651	30,067
11/08/2002 14:00	29,810	31,065	30,438
11/08/2002 15:00	30,501	31,545	31,023
11/08/2002 16:00	30,844	31,904	31,374
11/08/2002 17:00	30,851	32,018	31,435
11/08/2002 18:00	30,659	31,888	31,273
11/08/2002 19:00	30,018	31,420	30,719
11/08/2002 20:00	28,996	30,727	29,862
11/08/2002 21:00	28,012	30,092	29,052
11/08/2002 22:00	27,252	29,474	28,363
11/08/2002 23:00	26,616	28,879	27,748
12/08/2002	26,245	28,341	27,293

**Resultados da simulação do edifício no cenário 4**

Date/Time	Air Temperature	Radiant Temperature	Operative Temperature
	°C	°C	°C
05/08/2002 01:00	28,825	31,001	29,913
05/08/2002 02:00	27,760	30,327	29,043
05/08/2002 03:00	27,399	29,787	28,593
05/08/2002 04:00	27,300	29,332	28,316
05/08/2002 05:00	26,833	28,862	27,847
05/08/2002 06:00	26,461	28,445	27,453
05/08/2002 07:00	26,787	28,632	27,710
05/08/2002 08:00	27,075	29,138	28,107
05/08/2002 09:00	27,323	29,759	28,541
05/08/2002 10:00	28,347	30,459	29,403
05/08/2002 11:00	29,306	31,183	30,245
05/08/2002 12:00	30,382	31,850	31,116
05/08/2002 13:00	30,767	32,477	31,622
05/08/2002 14:00	30,361	33,085	31,723
05/08/2002 15:00	30,278	33,601	31,939
05/08/2002 16:00	30,198	33,891	32,044
05/08/2002 17:00	31,102	33,993	32,548
05/08/2002 18:00	32,375	34,093	33,234
05/08/2002 19:00	32,227	33,828	33,027
05/08/2002 20:00	31,318	33,229	32,273
05/08/2002 21:00	31,115	32,794	31,955
05/08/2002 22:00	30,967	32,435	31,701
05/08/2002 23:00	30,483	32,040	31,261
06/08/2002	30,040	31,632	30,836
06/08/2002 01:00	29,637	31,231	30,434
06/08/2002 02:00	29,275	30,840	30,057
06/08/2002 03:00	28,913	30,457	29,685
06/08/2002 04:00	28,558	30,080	29,319
06/08/2002 05:00	28,217	29,712	28,965
06/08/2002 06:00	27,907	29,402	28,654
06/08/2002 07:00	28,391	29,669	29,030
06/08/2002 08:00	28,100	30,159	29,129
06/08/2002 09:00	27,392	30,619	29,005
06/08/2002 10:00	28,203	31,094	29,649
06/08/2002 11:00	28,600	31,643	30,121
06/08/2002 12:00	29,056	32,045	30,550
06/08/2002 13:00	29,291	32,438	30,864
06/08/2002 14:00	29,132	32,878	31,005
06/08/2002 15:00	29,422	33,253	31,338

06/08/2002 16:00	29,769	33,614	31,691
06/08/2002 17:00	30,787	33,830	32,309
06/08/2002 18:00	31,439	33,912	32,675
06/08/2002 19:00	31,202	33,405	32,304
06/08/2002 20:00	30,434	32,728	31,581
06/08/2002 21:00	29,772	32,153	30,963
06/08/2002 22:00	29,249	31,611	30,430
06/08/2002 23:00	28,822	31,106	29,964
07/08/2002	28,408	30,618	29,513
07/08/2002 01:00	28,005	30,145	29,075
07/08/2002 02:00	27,597	29,684	28,641
07/08/2002 03:00	27,206	29,238	28,222
07/08/2002 04:00	26,790	28,801	27,796
07/08/2002 05:00	26,405	28,380	27,392
07/08/2002 06:00	26,087	27,988	27,038
07/08/2002 07:00	26,100	27,964	27,032
07/08/2002 08:00	25,367	27,960	26,663
07/08/2002 09:00	24,397	27,929	26,163
07/08/2002 10:00	24,416	27,899	26,157
07/08/2002 11:00	24,641	28,006	26,324
07/08/2002 12:00	25,545	28,288	26,916
07/08/2002 13:00	26,219	29,005	27,612
07/08/2002 14:00	26,414	29,657	28,035
07/08/2002 15:00	26,909	30,197	28,553
07/08/2002 16:00	27,077	30,626	28,851
07/08/2002 17:00	27,991	30,866	29,429
07/08/2002 18:00	28,813	30,989	29,901
07/08/2002 19:00	28,575	30,536	29,556
07/08/2002 20:00	27,941	29,920	28,931
07/08/2002 21:00	27,373	29,405	28,389
07/08/2002 22:00	26,882	28,925	27,903
07/08/2002 23:00	26,434	28,448	27,441
08/08/2002	25,985	27,974	26,979
08/08/2002 01:00	25,536	27,501	26,518
08/08/2002 02:00	25,081	27,032	26,057
08/08/2002 03:00	24,633	26,571	25,602
08/08/2002 04:00	24,103	26,094	25,098
08/08/2002 05:00	23,424	25,584	24,504
08/08/2002 06:00	23,130	25,173	24,151
08/08/2002 07:00	24,079	25,406	24,743
08/08/2002 08:00	24,051	25,960	25,005
08/08/2002 09:00	24,416	26,627	25,521
08/08/2002 10:00	25,090	27,327	26,208

08/08/2002 11:00	26,199	28,075	27,137
08/08/2002 12:00	27,550	28,780	28,165
08/08/2002 13:00	28,332	29,482	28,907
08/08/2002 14:00	28,778	30,225	29,501
08/08/2002 15:00	29,361	30,931	30,146
08/08/2002 16:00	29,598	31,519	30,558
08/08/2002 17:00	30,344	31,880	31,112
08/08/2002 18:00	30,945	32,084	31,514
08/08/2002 19:00	30,251	31,686	30,968
08/08/2002 20:00	29,526	31,094	30,310
08/08/2002 21:00	28,922	30,619	29,770
08/08/2002 22:00	28,419	30,168	29,293
08/08/2002 23:00	27,976	29,732	28,854
09/08/2002	27,787	29,348	28,567
09/08/2002 01:00	27,629	28,999	28,314
09/08/2002 02:00	27,301	28,649	27,975
09/08/2002 03:00	27,008	28,306	27,657
09/08/2002 04:00	26,692	27,971	27,332
09/08/2002 05:00	26,376	27,642	27,009
09/08/2002 06:00	26,088	27,364	26,726
09/08/2002 07:00	26,815	27,669	27,242
09/08/2002 08:00	27,152	28,300	27,726
09/08/2002 09:00	27,209	28,984	28,096
09/08/2002 10:00	28,305	29,736	29,021
09/08/2002 11:00	29,392	30,587	29,990
09/08/2002 12:00	30,599	31,384	30,991
09/08/2002 13:00	31,111	32,141	31,626
09/08/2002 14:00	31,283	32,865	32,074
09/08/2002 15:00	31,569	33,512	32,540
09/08/2002 16:00	31,685	34,019	32,852
09/08/2002 17:00	32,468	34,343	33,406
09/08/2002 18:00	33,306	34,522	33,914
09/08/2002 19:00	32,694	34,110	33,402
09/08/2002 20:00	31,929	33,499	32,714
09/08/2002 21:00	31,183	32,984	32,083
09/08/2002 22:00	30,674	32,500	31,587
09/08/2002 23:00	30,256	32,039	31,148
10/08/2002	29,843	31,588	30,716
10/08/2002 01:00	29,409	31,141	30,275
10/08/2002 02:00	28,966	30,698	29,832
10/08/2002 03:00	28,528	30,259	29,394
10/08/2002 04:00	28,095	29,825	28,960
10/08/2002 05:00	27,674	29,397	28,536

10/08/2002 06:00	27,280	29,019	28,150
10/08/2002 07:00	27,349	28,923	28,136
10/08/2002 08:00	27,968	29,250	28,609
10/08/2002 09:00	28,878	29,817	29,347
10/08/2002 10:00	29,732	30,496	30,114
10/08/2002 11:00	30,469	31,163	30,816
10/08/2002 12:00	31,124	31,736	31,430
10/08/2002 13:00	31,690	32,324	32,007
10/08/2002 14:00	32,248	32,967	32,608
10/08/2002 15:00	32,837	33,616	33,226
10/08/2002 16:00	33,354	34,158	33,756
10/08/2002 17:00	33,708	34,522	34,115
10/08/2002 18:00	33,646	34,624	34,135
10/08/2002 19:00	33,274	34,397	33,835
10/08/2002 20:00	32,907	33,998	33,452
10/08/2002 21:00	32,554	33,685	33,120
10/08/2002 22:00	31,848	33,307	32,578
10/08/2002 23:00	31,281	32,899	32,090
11/08/2002	31,227	32,570	31,898
11/08/2002 01:00	30,902	32,237	31,570
11/08/2002 02:00	30,396	31,865	31,130
11/08/2002 03:00	29,906	31,475	30,691
11/08/2002 04:00	29,052	30,980	30,016
11/08/2002 05:00	28,426	30,452	29,439
11/08/2002 06:00	28,062	30,062	29,062
11/08/2002 07:00	28,069	29,917	28,993
11/08/2002 08:00	28,442	30,154	29,298
11/08/2002 09:00	28,970	30,602	29,786
11/08/2002 10:00	29,741	31,192	30,466
11/08/2002 11:00	30,416	31,767	31,091
11/08/2002 12:00	30,923	32,245	31,584
11/08/2002 13:00	31,180	32,680	31,930
11/08/2002 14:00	31,565	33,173	32,369
11/08/2002 15:00	32,335	33,735	33,035
11/08/2002 16:00	32,752	34,179	33,466
11/08/2002 17:00	32,829	34,380	33,605
11/08/2002 18:00	32,692	34,337	33,515
11/08/2002 19:00	32,111	33,947	33,029
11/08/2002 20:00	31,187	33,318	32,252
11/08/2002 21:00	30,292	32,721	31,506
11/08/2002 22:00	29,561	32,112	30,837
11/08/2002 23:00	28,918	31,504	30,211
12/08/2002	28,514	30,933	29,724

**Resultados da simulação do edifício no cenário 5**

Date/Time	Air Temperature	Radiant Temperature	Operative Temperature
	°C	°C	°C
05/08/2002 01:00	28,53608	30,57414	29,55511
05/08/2002 02:00	27,50086	30,01859	28,75973
05/08/2002 03:00	27,22962	29,60517	28,41739
05/08/2002 04:00	27,26161	29,29806	28,27983
05/08/2002 05:00	26,93088	28,98752	27,9592
05/08/2002 06:00	26,69882	28,73003	27,71443
05/08/2002 07:00	27,0959	29,04817	28,07204
05/08/2002 08:00	27,40646	29,64925	28,52785
05/08/2002 09:00	27,62084	30,29345	28,95715
05/08/2002 10:00	28,59874	30,94504	29,77189
05/08/2002 11:00	29,4959	31,57097	30,53343
05/08/2002 12:00	30,52942	32,098	31,31371
05/08/2002 13:00	30,82886	32,56085	31,69485
05/08/2002 14:00	30,3362	32,9939	31,66505
05/08/2002 15:00	30,17055	33,34789	31,75922
05/08/2002 16:00	30,0138	33,50264	31,75822
05/08/2002 17:00	30,93293	33,48769	32,21031
05/08/2002 18:00	31,90824	33,50771	32,70798
05/08/2002 19:00	31,62375	33,16745	32,3956
05/08/2002 20:00	30,76025	32,54635	31,6533
05/08/2002 21:00	30,53473	32,12917	31,33195
05/08/2002 22:00	30,43267	31,81719	31,12493
05/08/2002 23:00	30,0039	31,49482	30,74936
06/08/2002	29,63256	31,17165	30,4021
06/08/2002 01:00	29,31087	30,86585	30,08836
06/08/2002 02:00	29,03667	30,57719	29,80693
06/08/2002 03:00	28,76846	30,3026	29,53553
06/08/2002 04:00	28,50926	30,03753	29,2734
06/08/2002 05:00	28,26583	29,78283	29,02433
06/08/2002 06:00	28,052	29,585	28,818
06/08/2002 07:00	28,575	29,939	29,257
06/08/2002 08:00	28,314	30,495	29,405
06/08/2002 09:00	27,600	30,979	29,290
06/08/2002 10:00	28,405	31,438	29,922
06/08/2002 11:00	28,776	31,939	30,358
06/08/2002 12:00	29,211	32,264	30,737
06/08/2002 13:00	29,387	32,553	30,970
06/08/2002 14:00	29,162	32,876	31,019
06/08/2002 15:00	29,388	33,135	31,262
06/08/2002 16:00	29,673	33,382	31,528

06/08/2002 17:00	30,606	33,494	32,050
06/08/2002 18:00	31,172	33,498	32,335
06/08/2002 19:00	30,857	32,970	31,913
06/08/2002 20:00	30,078	32,307	31,192
06/08/2002 21:00	29,452	31,790	30,621
06/08/2002 22:00	29,000	31,340	30,170
06/08/2002 23:00	28,670	30,950	29,810
07/08/2002	28,368	30,592	29,480
07/08/2002 01:00	28,084	30,256	29,170
07/08/2002 02:00	27,799	29,936	28,867
07/08/2002 03:00	27,530	29,631	28,580
07/08/2002 04:00	27,236	29,336	28,286
07/08/2002 05:00	26,972	29,054	28,013
07/08/2002 06:00	26,769	28,799	27,784
07/08/2002 07:00	26,786	28,885	27,835
07/08/2002 08:00	26,045	28,970	27,508
07/08/2002 09:00	24,799	28,966	26,882
07/08/2002 10:00	24,924	28,943	26,933
07/08/2002 11:00	25,269	29,052	27,160
07/08/2002 12:00	26,131	29,321	27,726
07/08/2002 13:00	26,843	29,978	28,411
07/08/2002 14:00	26,913	30,522	28,718
07/08/2002 15:00	27,367	30,915	29,141
07/08/2002 16:00	27,441	31,213	29,327
07/08/2002 17:00	28,348	31,343	29,846
07/08/2002 18:00	29,253	31,393	30,323
07/08/2002 19:00	29,004	30,943	29,973
07/08/2002 20:00	28,293	30,337	29,315
07/08/2002 21:00	27,764	29,873	28,819
07/08/2002 22:00	27,331	29,470	28,401
07/08/2002 23:00	26,970	29,093	28,031
08/08/2002	26,617	28,734	27,675
08/08/2002 01:00	26,274	28,383	27,328
08/08/2002 02:00	25,929	28,039	26,984
08/08/2002 03:00	25,591	27,705	26,648
08/08/2002 04:00	25,143	27,357	26,250
08/08/2002 05:00	24,602	26,983	25,793
08/08/2002 06:00	24,428	26,699	25,563
08/08/2002 07:00	24,769	26,994	25,882
08/08/2002 08:00	24,686	27,529	26,108
08/08/2002 09:00	24,771	28,086	26,428
08/08/2002 10:00	25,785	28,712	27,249
08/08/2002 11:00	26,905	29,344	28,124

08/08/2002 12:00	28,194	29,911	29,052
08/08/2002 13:00	28,899	30,457	29,678
08/08/2002 14:00	29,203	31,026	30,115
08/08/2002 15:00	29,708	31,554	30,631
08/08/2002 16:00	29,864	31,987	30,926
08/08/2002 17:00	30,606	32,216	31,411
08/08/2002 18:00	31,182	32,316	31,749
08/08/2002 19:00	30,560	31,863	31,212
08/08/2002 20:00	29,767	31,256	30,511
08/08/2002 21:00	29,058	30,781	29,919
08/08/2002 22:00	28,578	30,372	29,475
08/08/2002 23:00	28,186	29,995	29,090
09/08/2002	28,063	29,691	28,877
09/08/2002 01:00	27,976	29,437	28,706
09/08/2002 02:00	27,732	29,186	28,459
09/08/2002 03:00	27,523	28,943	28,233
09/08/2002 04:00	27,290	28,706	27,998
09/08/2002 05:00	27,056	28,472	27,764
09/08/2002 06:00	26,848	28,286	27,567
09/08/2002 07:00	27,595	28,650	28,122
09/08/2002 08:00	27,814	29,319	28,566
09/08/2002 09:00	27,699	29,968	28,833
09/08/2002 10:00	28,747	30,632	29,689
09/08/2002 11:00	29,774	31,347	30,560
09/08/2002 12:00	30,870	31,954	31,412
09/08/2002 13:00	31,487	32,484	31,985
09/08/2002 14:00	31,392	33,007	32,200
09/08/2002 15:00	31,594	33,470	32,532
09/08/2002 16:00	31,624	33,836	32,730
09/08/2002 17:00	32,336	34,037	33,186
09/08/2002 18:00	33,098	34,114	33,606
09/08/2002 19:00	32,308	33,648	32,978
09/08/2002 20:00	31,507	33,008	32,257
09/08/2002 21:00	30,774	32,511	31,642
09/08/2002 22:00	30,297	32,076	31,186
09/08/2002 23:00	29,941	31,691	30,816
10/08/2002	29,610	31,335	30,472
10/08/2002 01:00	29,269	30,996	30,132
10/08/2002 02:00	28,928	30,669	29,798
10/08/2002 03:00	28,597	30,352	29,474
10/08/2002 04:00	28,273	30,043	29,158
10/08/2002 05:00	27,963	29,742	28,853
10/08/2002 06:00	27,680	29,492	28,586



10/08/2002 07:00	27,838	29,513	28,676
10/08/2002 08:00	28,563	29,933	29,248
10/08/2002 09:00	29,439	30,523	29,981
10/08/2002 10:00	30,290	31,155	30,722
10/08/2002 11:00	30,994	31,713	31,354
10/08/2002 12:00	31,559	32,126	31,842
10/08/2002 13:00	31,982	32,518	32,250
10/08/2002 14:00	32,358	32,957	32,657
10/08/2002 15:00	32,777	33,402	33,090
10/08/2002 16:00	33,133	33,761	33,447
10/08/2002 17:00	33,338	33,954	33,646
10/08/2002 18:00	33,148	33,910	33,529
10/08/2002 19:00	32,742	33,572	33,157
10/08/2002 20:00	32,245	33,108	32,677
10/08/2002 21:00	31,759	32,761	32,260
10/08/2002 22:00	31,060	32,391	31,726
10/08/2002 23:00	30,512	32,023	31,268
11/08/2002	30,514	31,757	31,135
11/08/2002 01:00	30,261	31,506	30,883
11/08/2002 02:00	29,837	31,228	30,533
11/08/2002 03:00	29,437	30,941	30,189
11/08/2002 04:00	28,668	30,560	29,614
11/08/2002 05:00	28,150	30,156	29,153
11/08/2002 06:00	27,919	29,900	28,909
11/08/2002 07:00	28,046	29,891	28,968
11/08/2002 08:00	28,490	30,234	29,362
11/08/2002 09:00	29,118	30,728	29,923
11/08/2002 10:00	29,831	31,282	30,557
11/08/2002 11:00	30,439	31,760	31,100
11/08/2002 12:00	30,851	32,095	31,473
11/08/2002 13:00	30,977	32,375	31,676
11/08/2002 14:00	31,242	32,719	31,980
11/08/2002 15:00	31,912	33,138	32,525
11/08/2002 16:00	32,240	33,455	32,848
11/08/2002 17:00	32,200	33,548	32,874
11/08/2002 18:00	31,963	33,419	32,691
11/08/2002 19:00	31,319	32,986	32,152
11/08/2002 20:00	30,369	32,360	31,364
11/08/2002 21:00	29,497	31,810	30,654
11/08/2002 22:00	28,832	31,291	30,061
11/08/2002 23:00	28,293	30,816	29,554
12/08/2002	28,027	30,399	29,213

**Resultados para as paredes exteriores do edifício**

	cenário 1		cenário 2		cenário 3		cenário 4	
<b>Date/Time</b>	Inside Surface Temp	Ext Surface Temp	Inside Surface Temp	Ext Surface Temp	Inside Surface Temp	Ext Surface Temp	Inside Surface Temp	Ext Surface Temp
	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
05/08/2002 01:00	31,836	19,495	32,938	22,598	27,877	21,036	31,148	23,071
05/08/2002 02:00	31,419	17,688	32,522	20,544	27,404	19,156	30,471	20,979
05/08/2002 03:00	31,032	17,823	32,130	20,561	26,912	19,267	29,794	20,965
05/08/2002 04:00	30,731	17,891	31,829	20,501	26,430	19,293	29,170	20,868
05/08/2002 05:00	30,416	17,707	31,510	20,184	25,932	19,053	28,529	20,512
05/08/2002 06:00	30,113	17,695	31,202	20,725	25,462	18,979	27,940	21,013
05/08/2002 07:00	30,156	18,957	31,234	25,420	25,349	20,176	27,801	25,665
05/08/2002 08:00	30,328	21,479	31,386	34,389	25,360	22,604	27,856	34,594
05/08/2002 09:00	30,554	23,782	31,583	41,186	25,555	24,809	28,221	41,371
05/08/2002 10:00	30,880	25,129	31,882	43,592	25,961	26,076	28,992	43,779
05/08/2002 11:00	31,278	25,601	32,262	42,443	26,532	26,515	30,078	42,651
05/08/2002 12:00	31,693	25,527	32,670	38,916	27,185	26,435	31,258	39,158
05/08/2002 13:00	32,118	24,723	33,097	34,244	27,836	25,654	32,342	34,530
05/08/2002 14:00	32,513	24,351	33,488	32,853	28,393	25,326	33,161	33,184
05/08/2002 15:00	32,886	24,157	33,858	32,653	28,865	25,188	33,716	33,023
05/08/2002 16:00	33,141	23,854	34,116	31,872	29,218	24,953	33,990	32,279
05/08/2002 17:00	33,313	23,569	34,301	30,990	29,464	24,751	34,122	31,433
05/08/2002 18:00	33,488	23,846	34,504	30,708	29,672	25,220	34,210	31,204
05/08/2002 19:00	33,382	23,274	34,428	29,098	29,578	24,752	33,969	29,626
05/08/2002 20:00	33,139	22,236	34,202	26,916	29,333	23,757	33,544	27,465
05/08/2002 21:00	32,906	22,301	33,982	26,591	29,073	23,908	33,116	27,159
05/08/2002 22:00	32,718	22,275	33,809	26,262	28,827	23,924	32,695	26,827
05/08/2002 23:00	32,502	21,896	33,602	25,615	28,546	23,568	32,224	26,162
06/08/2002 01:00	32,262	21,511	33,370	24,998	28,255	23,179	31,738	25,518
06/08/2002 02:00	32,013	21,221	33,126	24,508	27,957	22,870	31,252	24,998
06/08/2002 03:00	31,761	21,000	32,876	24,111	27,653	22,618	30,771	24,569
06/08/2002 04:00	31,508	20,790	32,623	23,737	27,346	22,367	30,298	24,162
06/08/2002 04:00	31,252	20,596	32,366	23,392	27,037	22,127	29,834	23,784

06/08/2002 05:00	30,996	20,413	32,106	23,068	26,729	21,893	29,382	23,430
06/08/2002 06:00	30,759	20,410	31,865	23,588	26,436	21,834	28,968	23,919
06/08/2002 07:00	30,870	21,301	31,960	27,705	26,474	22,556	28,989	27,986
06/08/2002 08:00	31,053	22,887	32,121	34,558	26,587	23,920	29,115	34,784
06/08/2002 09:00	31,204	23,997	32,241	39,096	26,764	24,879	29,405	39,294
06/08/2002 10:00	31,396	24,691	32,401	39,245	27,042	25,437	29,974	39,427
06/08/2002 11:00	31,711	24,554	32,696	37,786	27,439	25,268	30,801	37,981
06/08/2002 12:00	31,981	23,698	32,950	34,509	27,820	24,428	31,573	34,732
06/08/2002 13:00	32,265	22,838	33,229	30,610	28,191	23,607	32,247	30,867
06/08/2002 14:00	32,545	22,653	33,494	29,624	28,531	23,476	32,732	29,917
06/08/2002 15:00	32,775	22,580	33,719	29,255	28,797	23,487	32,989	29,589
06/08/2002 16:00	33,034	22,616	33,978	29,181	29,037	23,621	33,176	29,555
06/08/2002 17:00	33,265	22,166	34,217	28,209	29,223	23,229	33,293	28,609
06/08/2002 18:00	33,460	21,400	34,428	26,744	29,347	22,495	33,339	27,164
06/08/2002 19:00	33,264	20,641	34,249	25,104	29,091	21,795	32,910	25,556
06/08/2002 20:00	32,965	19,936	33,964	23,525	28,730	21,169	32,380	24,016
06/08/2002 21:00	32,665	19,460	33,672	22,705	28,319	20,764	31,820	23,226
06/08/2002 22:00	32,359	19,172	33,372	22,153	27,888	20,504	31,222	22,683
06/08/2002 23:00	32,062	19,055	33,080	21,807	27,456	20,387	30,624	22,330
07/08/2002	31,763	18,973	32,785	21,537	27,028	20,293	30,033	22,047
07/08/2002 01:00	31,465	18,842	32,488	21,220	26,614	20,126	29,465	21,706
07/08/2002 02:00	31,166	18,650	32,189	20,834	26,217	19,875	28,920	21,290
07/08/2002 03:00	30,867	18,457	31,888	20,443	25,834	19,607	28,397	20,866
07/08/2002 04:00	30,568	18,233	31,586	20,110	25,461	19,350	27,892	20,515
07/08/2002 05:00	30,267	18,167	31,280	20,000	25,095	19,285	27,401	20,400
07/08/2002 06:00	29,978	18,243	30,985	20,108	24,745	19,377	26,938	20,509
07/08/2002 07:00	29,944	18,349	30,939	20,410	24,671	19,446	26,811	20,796
07/08/2002 08:00	29,860	18,519	30,831	21,068	24,576	19,532	26,636	21,428
07/08/2002 09:00	29,703	18,771	30,641	22,260	24,516	19,788	26,514	22,626
07/08/2002 10:00	29,565	19,031	30,471	23,349	24,500	20,027	26,389	23,719
07/08/2002 11:00	29,564	19,224	30,445	24,006	24,572	20,165	26,457	24,377
07/08/2002 12:00	29,673	19,665	30,532	25,171	24,672	20,543	26,669	25,541

07/08/2002 13:00	30,017	20,107	30,858	26,264	24,969	20,952	27,171	26,644
07/08/2002 14:00	30,334	20,271	31,155	26,070	25,319	21,103	27,665	26,473
07/08/2002 15:00	30,588	20,339	31,387	25,537	25,658	21,171	28,124	25,974
07/08/2002 16:00	30,836	20,165	31,618	24,964	25,976	21,011	28,548	25,444
07/08/2002 17:00	31,020	19,764	31,793	24,141	26,219	20,637	28,854	24,670
07/08/2002 18:00	31,189	19,265	31,964	23,001	26,418	20,169	29,064	23,580
07/08/2002 19:00	31,002	18,602	31,767	21,495	26,234	19,552	28,788	22,130
07/08/2002 20:00	30,712	17,956	31,491	20,039	25,945	18,960	28,434	20,731
07/08/2002 21:00	30,440	17,376	31,218	19,148	25,614	18,426	28,051	19,883
07/08/2002 22:00	30,167	16,985	30,950	18,619	25,253	18,095	27,615	19,400
07/08/2002 23:00	29,888	16,635	30,673	18,215	24,874	17,824	27,141	19,049
08/08/2002	29,601	16,370	30,388	17,958	24,481	17,661	26,649	18,852
08/08/2002 01:00	29,304	16,081	30,093	17,606	24,084	17,396	26,155	18,512
08/08/2002 02:00	28,999	15,776	29,788	17,227	23,691	17,086	25,668	18,126
08/08/2002 03:00	28,688	15,467	29,476	16,844	23,299	16,759	25,189	17,730
08/08/2002 04:00	28,367	14,887	29,154	16,179	22,903	16,139	24,711	17,041
08/08/2002 05:00	28,021	14,183	28,804	15,391	22,483	15,387	24,211	16,224
08/08/2002 06:00	27,689	14,355	28,468	16,137	22,067	15,533	23,735	16,947
08/08/2002 07:00	27,729	15,613	28,502	20,834	22,054	16,750	23,731	21,591
08/08/2002 08:00	27,860	17,929	28,616	30,011	22,177	18,987	23,886	30,690
08/08/2002 09:00	28,031	20,116	28,765	36,511	22,429	21,078	24,356	37,125
08/08/2002 10:00	28,342	21,500	29,057	38,464	22,815	22,362	25,175	39,032
08/08/2002 11:00	28,742	22,129	29,445	36,696	23,371	22,914	26,332	37,236
08/08/2002 12:00	29,164	22,439	29,865	33,928	24,035	23,224	27,544	34,487
08/08/2002 13:00	29,608	22,281	30,318	30,113	24,729	23,081	28,674	30,700
08/08/2002 14:00	30,052	22,560	30,773	29,294	25,392	23,398	29,597	29,915
08/08/2002 15:00	30,484	23,099	31,217	28,937	26,012	23,935	30,294	29,552
08/08/2002 16:00	30,891	23,133	31,640	28,397	26,583	24,001	30,816	29,024
08/08/2002 17:00	31,193	22,844	31,966	27,635	27,031	23,772	31,140	28,290
08/08/2002 18:00	31,441	22,436	32,243	26,630	27,419	23,432	31,347	27,319
08/08/2002 19:00	31,312	21,674	32,139	25,133	27,390	22,764	31,063	25,869
08/08/2002 20:00	31,104	20,795	31,950	23,570	27,230	22,001	30,691	24,367

08/08/2002 21:00	30,912	20,010	31,770	22,601	27,022	21,350	30,301	23,462
08/08/2002 22:00	30,706	19,471	31,575	21,837	26,761	20,838	29,855	22,695
08/08/2002 23:00	30,491	19,061	31,368	21,150	26,466	20,371	29,378	21,956
09/08/2002	30,274	19,377	31,157	21,361	26,154	20,700	28,893	22,160
09/08/2002 01:00	30,083	19,518	30,971	21,430	25,860	20,855	28,439	22,221
09/08/2002 02:00	29,881	19,487	30,772	21,315	25,573	20,816	28,002	22,086
09/08/2002 03:00	29,673	19,416	30,563	21,170	25,302	20,733	27,593	21,921
09/08/2002 04:00	29,461	19,277	30,349	20,965	25,045	20,580	27,209	21,696
09/08/2002 05:00	29,243	19,120	30,128	20,738	24,795	20,400	26,843	21,447
09/08/2002 06:00	29,041	19,103	29,921	21,228	24,560	20,349	26,514	21,906
09/08/2002 07:00	29,183	20,108	30,054	25,259	24,670	21,269	26,614	25,875
09/08/2002 08:00	29,457	22,273	30,311	33,480	24,890	23,311	26,864	34,015
09/08/2002 09:00	29,743	23,995	30,573	38,924	25,203	24,917	27,370	39,402
09/08/2002 10:00	30,098	25,359	30,904	41,814	25,679	26,248	28,204	42,283
09/08/2002 11:00	30,577	25,962	31,372	41,951	26,347	26,897	29,348	42,453
09/08/2002 12:00	31,068	25,843	31,865	39,602	27,082	26,867	30,596	40,161
09/08/2002 13:00	31,579	25,315	32,389	34,737	27,829	26,315	31,808	35,320
09/08/2002 14:00	32,071	25,467	32,884	32,720	28,488	26,389	32,785	33,283
09/08/2002 15:00	32,522	25,613	33,333	31,757	29,045	26,504	33,478	32,310
09/08/2002 16:00	32,916	25,405	33,736	31,157	29,523	26,360	33,925	31,746
09/08/2002 17:00	33,222	25,119	34,062	30,386	29,903	26,138	34,187	31,006
09/08/2002 18:00	33,478	24,769	34,343	29,359	30,228	25,837	34,336	29,999
09/08/2002 19:00	33,360	23,958	34,247	27,797	30,138	25,125	34,008	28,484
09/08/2002 20:00	33,150	22,982	34,050	26,244	29,915	24,320	33,572	27,010
09/08/2002 21:00	32,943	22,165	33,855	25,310	29,642	23,683	33,108	26,145
09/08/2002 22:00	32,720	21,681	33,638	24,672	29,319	23,286	32,599	25,525
09/08/2002 23:00	32,489	21,362	33,415	24,194	28,974	23,002	32,072	25,037
10/08/2002	32,248	21,093	33,178	23,779	28,613	22,740	31,538	24,599
10/08/2002 01:00	31,997	20,790	32,930	23,328	28,243	22,414	31,009	24,115
10/08/2002 02:00	31,735	20,487	32,669	22,886	27,868	22,074	30,485	23,635
10/08/2002 03:00	31,465	20,167	32,398	22,433	27,490	21,705	29,971	23,142
10/08/2002 04:00	31,188	19,852	32,119	21,987	27,111	21,330	29,465	22,654

10/08/2002 05:00	30,906	19,522	31,834	21,510	26,731	20,919	28,966	22,131
10/08/2002 06:00	30,639	19,333	31,561	21,733	26,363	20,639	28,498	22,304
10/08/2002 07:00	30,478	20,555	31,394	26,004	26,074	21,780	28,166	26,515
10/08/2002 08:00	30,533	23,308	31,444	35,280	25,974	24,437	28,123	35,724
10/08/2002 09:00	30,740	25,847	31,648	42,243	26,095	26,876	28,443	42,637
10/08/2002 10:00	31,046	27,353	31,952	45,019	26,450	28,296	29,180	45,383
10/08/2002 11:00	31,388	27,918	32,295	43,906	26,960	28,796	30,229	44,260
10/08/2002 12:00	31,710	27,946	32,627	40,512	27,540	28,785	31,372	40,872
10/08/2002 13:00	32,072	27,602	32,997	36,492	28,149	28,424	32,460	36,865
10/08/2002 14:00	32,449	27,710	33,387	35,202	28,730	28,519	33,340	35,583
10/08/2002 15:00	32,835	27,957	33,791	34,666	29,278	28,762	34,003	35,049
10/08/2002 16:00	33,192	28,126	34,169	34,305	29,770	28,951	34,469	34,696
10/08/2002 17:00	33,468	28,212	34,468	33,861	30,175	29,074	34,762	34,264
10/08/2002 18:00	33,628	27,463	34,650	32,602	30,460	28,404	34,882	33,031
10/08/2002 19:00	33,611	26,731	34,661	31,157	30,558	27,756	34,774	31,615
10/08/2002 20:00	33,477	26,141	34,553	29,825	30,510	27,251	34,508	30,312
10/08/2002 21:00	33,354	25,647	34,441	29,152	30,394	26,857	34,212	29,665
10/08/2002 22:00	33,198	24,439	34,288	27,649	30,205	25,695	33,838	28,148
10/08/2002 23:00	32,975	23,921	34,066	26,946	29,942	25,201	33,368	27,427
11/08/2002	32,786	23,958	33,881	26,864	29,676	25,252	32,929	27,325
11/08/2002 01:00	32,604	23,691	33,700	26,443	29,394	24,973	32,486	26,871
11/08/2002 02:00	32,392	23,207	33,486	25,780	29,090	24,441	32,023	26,171
11/08/2002 03:00	32,159	22,677	33,249	25,079	28,769	23,849	31,554	25,433
11/08/2002 04:00	31,884	21,004	32,968	23,187	28,403	22,081	31,045	23,499
11/08/2002 05:00	31,537	20,184	32,611	22,236	27,949	21,206	30,455	22,516
11/08/2002 06:00	31,262	20,215	32,329	22,718	27,528	21,192	29,924	22,967
11/08/2002 07:00	31,092	21,222	32,151	26,849	27,159	22,147	29,499	27,060
11/08/2002 08:00	31,108	23,535	32,157	36,130	26,961	24,391	29,340	36,303
11/08/2002 09:00	31,261	25,562	32,302	43,282	26,958	26,358	29,535	43,427
11/08/2002 10:00	31,523	26,796	32,556	46,147	27,170	27,551	30,175	46,282
11/08/2002 11:00	31,831	26,952	32,862	44,803	27,548	27,671	31,133	44,941
11/08/2002 12:00	32,134	26,362	33,164	40,261	27,983	27,033	32,181	40,409

<b>11/08/2002 13:00</b>	32,445	25,049	33,483	34,671	28,417	25,685	33,138	34,832
<b>11/08/2002 14:00</b>	32,745	24,977	33,798	33,131	28,790	25,611	33,824	33,306
<b>11/08/2002 15:00</b>	33,079	25,576	34,155	32,947	29,152	26,217	34,309	33,132
<b>11/08/2002 16:00</b>	33,385	25,529	34,493	32,304	29,463	26,196	34,599	32,497
<b>11/08/2002 17:00</b>	33,586	25,089	34,718	31,254	29,665	25,800	34,681	31,457
<b>11/08/2002 18:00</b>	33,665	24,530	34,816	30,014	29,753	25,290	34,593	30,229
<b>11/08/2002 19:00</b>	33,569	23,279	34,736	27,881	29,667	24,102	34,284	28,112
<b>11/08/2002 20:00</b>	33,308	21,783	34,484	25,585	29,393	22,677	33,762	25,833
<b>11/08/2002 21:00</b>	33,009	20,453	34,193	23,976	29,030	21,421	33,165	24,236
<b>11/08/2002 22:00</b>	32,672	19,423	33,861	22,693	28,565	20,422	32,474	22,945
<b>11/08/2002 23:00</b>	32,322	18,584	33,515	21,634	28,040	19,589	31,738	21,868
<b>12/08/2002</b>	31,970	18,218	33,164	20,942	27,485	19,162	30,984	21,141

incidencia solar

Date/Time	Solar Incident
	kW
05/08/2002 01:00	0
05/08/2002 02:00	0
05/08/2002 03:00	0
05/08/2002 04:00	0
05/08/2002 05:00	0
05/08/2002 06:00	6,120666
05/08/2002 07:00	39,40618
05/08/2002 08:00	106,7141
05/08/2002 09:00	184,0139
05/08/2002 10:00	255,0029
05/08/2002 11:00	310,1005
05/08/2002 12:00	344,1472
05/08/2002 13:00	353,4279
05/08/2002 14:00	327,8908
05/08/2002 15:00	267,5448
05/08/2002 16:00	204,6674
05/08/2002 17:00	134,1052
05/08/2002 18:00	72,90706
05/08/2002 19:00	32,53687
05/08/2002 20:00	2,331582
05/08/2002 21:00	0
05/08/2002 22:00	0
05/08/2002 23:00	0
06/08/2002	0
06/08/2002 01:00	0
06/08/2002 02:00	0
06/08/2002 03:00	0
06/08/2002 04:00	0
06/08/2002 05:00	0
06/08/2002 06:00	5,915337
06/08/2002 07:00	38,15814
06/08/2002 08:00	105,3979
06/08/2002 09:00	183,7482
06/08/2002 10:00	254,8237
06/08/2002 11:00	310,6136
06/08/2002 12:00	345,0261
06/08/2002 13:00	355,4489
06/08/2002 14:00	341,3623
06/08/2002 15:00	303,0195
06/08/2002 16:00	245,022



06/08/2002 17:00	171,6751
06/08/2002 18:00	94,65982
06/08/2002 19:00	32,91756
06/08/2002 20:00	2,137217
06/08/2002 21:00	0
06/08/2002 22:00	0
06/08/2002 23:00	0
07/08/2002	0
07/08/2002 01:00	0
07/08/2002 02:00	0
07/08/2002 03:00	0
07/08/2002 04:00	0
07/08/2002 05:00	0
07/08/2002 06:00	1,845335
07/08/2002 07:00	11,95009
07/08/2002 08:00	32,64592
07/08/2002 09:00	55,59589
07/08/2002 10:00	76,48894
07/08/2002 11:00	92,80282
07/08/2002 12:00	145,7034
07/08/2002 13:00	292,3508
07/08/2002 14:00	327,5735
07/08/2002 15:00	301,4975
07/08/2002 16:00	245,1105
07/08/2002 17:00	172,0554
07/08/2002 18:00	94,66966
07/08/2002 19:00	32,67758
07/08/2002 20:00	2,137294
07/08/2002 21:00	0
07/08/2002 22:00	0
07/08/2002 23:00	0
08/08/2002	0
08/08/2002 01:00	0
08/08/2002 02:00	0
08/08/2002 03:00	0
08/08/2002 04:00	0
08/08/2002 05:00	0
08/08/2002 06:00	5,584596
08/08/2002 07:00	37,03135
08/08/2002 08:00	105,0836
08/08/2002 09:00	183,8692
08/08/2002 10:00	255,9014
08/08/2002 11:00	311,3367
08/08/2002 12:00	345,501

08/08/2002 13:00	355,867
08/08/2002 14:00	341,5177
08/08/2002 15:00	303,8041
08/08/2002 16:00	245,5922
08/08/2002 17:00	171,4886
08/08/2002 18:00	93,61247
08/08/2002 19:00	31,83016
08/08/2002 20:00	2,137383
08/08/2002 21:00	0
08/08/2002 22:00	0
08/08/2002 23:00	0
09/08/2002	0
09/08/2002 01:00	0
09/08/2002 02:00	0
09/08/2002 03:00	0
09/08/2002 04:00	0
09/08/2002 05:00	0
09/08/2002 06:00	5,470298
09/08/2002 07:00	36,48601
09/08/2002 08:00	104,7165
09/08/2002 09:00	183,5654
09/08/2002 10:00	256,1506
09/08/2002 11:00	312,0555
09/08/2002 12:00	346,5229
09/08/2002 13:00	356,6058
09/08/2002 14:00	341,959
09/08/2002 15:00	303,8921
09/08/2002 16:00	245,4342
09/08/2002 17:00	171,1008
09/08/2002 18:00	92,89288
09/08/2002 19:00	31,22887
09/08/2002 20:00	1,943013
09/08/2002 21:00	0
09/08/2002 22:00	0
09/08/2002 23:00	0
10/08/2002	0
10/08/2002 01:00	0
10/08/2002 02:00	0
10/08/2002 03:00	0
10/08/2002 04:00	0
10/08/2002 05:00	0
10/08/2002 06:00	5,355991
10/08/2002 07:00	35,84739
10/08/2002 08:00	103,8889

10/08/2002 09:00	182,8854
10/08/2002 10:00	254,8483
10/08/2002 11:00	309,8036
10/08/2002 12:00	343,8702
10/08/2002 13:00	354,6912
10/08/2002 14:00	340,9675
10/08/2002 15:00	303,2095
10/08/2002 16:00	244,3899
10/08/2002 17:00	170,1654
10/08/2002 18:00	91,52007
10/08/2002 19:00	30,36469
10/08/2002 20:00	1,748648
10/08/2002 21:00	0
10/08/2002 22:00	0
10/08/2002 23:00	0
11/08/2002	0
11/08/2002 01:00	0
11/08/2002 02:00	0
11/08/2002 03:00	0
11/08/2002 04:00	0
11/08/2002 05:00	0
11/08/2002 06:00	5,139589
11/08/2002 07:00	34,89326
11/08/2002 08:00	102,4526
11/08/2002 09:00	181,473
11/08/2002 10:00	253,1925
11/08/2002 11:00	309,1303
11/08/2002 12:00	343,7876
11/08/2002 13:00	354,5708
11/08/2002 14:00	340,3803
11/08/2002 15:00	302,0317
11/08/2002 16:00	243,7295
11/08/2002 17:00	169,1127
11/08/2002 18:00	91,13939
11/08/2002 19:00	29,72718
11/08/2002 20:00	1,748735
11/08/2002 21:00	0
11/08/2002 22:00	0
11/08/2002 23:00	0
12/08/2002	0

**A3**

**CERTIFICADO DE CONFIANÇA**



<p style="text-align: center;"><b>CERTIFICATE OF COMPLIANCE</b> CLIENT CERTIFICATE NO: 34105-21075 ISSUE DATE: 24<sup>th</sup> September 2007</p> <p>ISSUED TO: Shieldcoat Pty Ltd 2/1075 Beaudesert Road Archerfield, Brisbane QLD 4108</p> <p><b>Report References:</b> Oak Ridge National Laboratories CA Report 6527, Asphalt Technologies Tempe Florida Lab Report(s) 15/03 and 04/04.</p> <p><b>Product Description:</b> Shieldcoat's Thermobond HRC (Heat Reflective Coating), also known as Textureshield Thermo and Thermotex (heat reflective acrylic render).</p> <p><b>Product Use:</b> Heat reflective barrier for walls, roofs, pipelines etc. Substitute and augment for insulation in Zones 1 &amp; 2 to prevent heat gain.</p> <p><b>This is to certify that</b> representative samples of: Shieldcoat's Thermobond HRC (Heat Reflective Coating), also known as Textureshield Thermo and Thermotex (heat reflective acrylic render) have been investigated by PCS in accordance with the following standards:</p> <p>ORNL Report 6527 test of 24 heat reflective membranes using standards ASTM C-177 (Thermal Conductivity) and ASTM C-1045 (Thermal Transmission), with results of K value-0.0454, Heat Flux Reduction 13,500BTU/Sq Ft or R22 (Imperial). Metric R = 0.176 of Imperial R value.</p> <p>Current CRRC standard for Cool Coatings: Solar Reflectance, &gt;70; Thermal Emittance, &gt;75%; SRI (Solar Reflective Index - a correlation between solar reflectance and infra red emittance), &gt;82.5</p> <p><u>Results of Shieldcoat's products tested at Asphalt Technologies:</u></p> <p>ASTM C 1549 (Solar Reflectance): 20 = Poor, 90 = Excellent Thermobond HRC in white = 87.8; Thermobond HRC in pastel colours = 78.1; Thermotex off white = 86.3.</p> <p>ASTM C 1371 (Infra Red Emittance): 20% = Poor, 90% = Excellent Thermobond HRC in white = 89%; Thermobond HRC in pastel colours = 88%; Thermotex off white = 87%.</p> <p>SRI - Standard Scale 0-100: 20 = Poor, &gt;100 = excellent Thermobond HRC in white = 110.5; Thermobond HRC in pastel colours = 98.9; Thermotex off white = 108.9</p> <p>Therefore Shieldcoat's products exceed the requirements as determined by ORNL Report 6527 being- K value-0.0454, Heat Flux Reduction 13,500BTU/SqFt</p> <p><b>Subject to the following conditions:</b> Shieldcoat's Technical and Specification Guide Inclusive of Application Instructions, Dry Film Thickness and Colour limitations.</p> <p>By Mark W Slater Managing Director LTSC SCAA</p>
--







